

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Министерство сельского хозяйства и продовольствия РТ
ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра «Тракторы, автомобилии
безопасность технологических процессов»



«МОБИЛЬНЫЕ МАШИНЫ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ»

*Научные труды всероссийской научно-практической конференции
преподавателей, студентов, аспирантов и молодых ученых
посвящённой 70-летию кафедры
«Тракторы, автомобилии безопасность технологических
процессов»
(в рамках Международного форума Kazan Digital Week – 2023)*



г. Казань- 2023

УДК 631.3:637.1
ББК40.7

Печатается
по решению Ученого совета
Казанского государственного аграрного университета
№ 1 от 1 сентября 2023 г.

Все права защищены. Ни одна часть данной публикации не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, включая электронное и фотокопирование, без предварительного письменного разрешения владельца авторских прав.

За достоверность информации в опубликованных материалах ответственность несут авторы публикаций.

Редакционная коллегия:

д.т.н., профессор, Валиев А.Р., д.т.н., профессор, профессор РАН Зиганшин Б.Г., к.т.н., доцент Дмитриев А.В., д.т.н., Калимуллин М.Н., к.т.н., доцент Медведев В.М., д.т.н., профессор Хафизов К.А., к.т.н., доцент Хафизов Р.Н., к.т.н., доцент Синицкий С.А., старший преподаватель Нурмиев А.А.

Технический секретарь: Нурмиев А.А., Нуриева Р.И.

На конференции приняли участие учёные из России по вопросам механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, технического сервиса в АПК и правовых и экономических аспектов развития АПК.

Мобильные машины в условиях цифровой трансформации экономики / Научные труды всероссийской научно-практической конференции преподавателей, студентов, аспирантов и молодых ученых посвящённой 70-летию кафедры «Тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов» Научное издание. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2023. – 515 с.

© Казанский государственный аграрный университет, 2023
© Валиев А.Р., Зиганшин Б.Г., Дмитриев А.В., Калимуллин М.Н.,
Медведев В.М., Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Синицкий С.А., Нурмиев А.А.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Хафизов Р.Н., Хафизов К.А., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. <i>Обзор трансмиссий самоходных опрыскивателей</i>	7-17
Хафизов Р.Н., Хафизов К.А., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. <i>Схемы гидростатической трансмиссии самоходных опрыскивателей</i>	18-31
Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. <i>Математическая модель гидростатической трансмиссии самоходных опрыскивателей</i>	32-42
Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. <i>Обоснование основных параметров самоходных опрыскивателей с учетом влияния на формируемый урожай</i>	43-54
Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. <i>Подбор гидроагрегатов самоходного опрыскивателя с минимальным негативным воздействием на формируемый урожай</i>	55-69
Русинов Д.А. <i>Повышение эксплуатационных показателей дождевальной машины кругового действия за счет применения дождевальных насадок с вращающимся дефлекторным конусом</i>	70-77
Вахрамеев Д.А., Иванов А.Г., Потапов Е.А. <i>Автоматизация управления тепловым режимом автотракторного дизельного двигателя</i>	78-83
Вахрамеев Д.А., Иванов А.Г., Потапов Е.А. <i>Автоматизация работы теплоаккумулирующей системы предпусковой подготовки автотракторного двигателя</i>	84-96
Нутфуллина Д.А., Хусаинов Р.К. <i>Разработка автоматизированного доильного робота</i>	97-103
Хусаинов Р.Р., Шарафутдинов С.Р., Халиуллин Д.Т. <i>Аппаратно-программный комплекс для дозирования гранул перги</i>	104-112
Сёмушкин Д.Н., Зиганшин Б.Г., Сёмушкин Н.И. <i>Результаты лабораторных исследований использования ультразвука различных частот при получении водных экстрактов из растительного сырья для биологического земледелия</i>	113-121
Сёмушкин Д.Н., Зиганшин Б.Г., Сёмушкин Н.И. <i>Результаты испытаний по влиянию мощности и продолжительности ультразвукового воздействия при получении водных экстрактов из растительного сырья для биологического земледелия</i>	122-128
Фахразиев И.Р., Нафиков И.Р. <i>Возможность применения электропривода для самоходного кормораздатчика</i>	129-136
Меньшенин А.С., Гриценко А.В., Малькова Е.В., Гималтдинов И.Х. <i>Исследование параметров токсичности бензиновых двигателей внутреннего сгорания и их связь с коэффициентом избытка воздуха</i>	137-146
Сабиров Б.М., Пополднеев Р.С., Зиганшин Б.Г. <i>Тенденция развития кормопроизводства в России</i>	147-154
Лукиянов В.В.	155-160

Применение цифровой модернизации для эффективной эксплуатации мобильной хмелесушилки	
Белякова Е.С., Соколов С.А. Разработка картофелеуборочного комбайна «МУРАВЕЙ 70С»	161-167
Абдуллин Р.Ф., Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф. Анализ датчиков определения влажности почвы	168-174
Матяшин А. В., Сабирзянов Р. Р. Раздельная уборка зерновых культур	175-179
Матяшин А. В., Сабирзянов Р. Р. Конструктивные особенности ботвоуборочных машин	180-185
Зиятдинов Р. Ш., Галиев И. Г Обзор факторов, влияющих на эффективность использования тракторов в АПК	186-192
Халиуллина З. М., Ганиев А. С., Гайфуллин И. Х. Инновационные технологии при переработке птичьего помета	193-199
Вагизов Т.Н., Ахметзянов Р.Р., Волкова А.П. Условия эксплуатации узлов трения в машиностроении	200-206
Шорников А.В., Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х. Возможности использования энергии биогаза	207-215
Ахметзянов Р.Р., Вагизов Т.Н., Гайфуллин А.И. Серно-графитовые композиты для увеличения срока службы подшипников сельскохозяйственной техники	216-223
Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е. Гигиеническая оценка производственной вибрации	224-227
Фаттахов Р.Р., Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е. Особенности промывки молокопровода доильных установок	228-232
Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., Вафин И.И. Обеспечение пожарной безопасности при хранении нефтепродуктов	233-237
Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., Вафин И.И. Пожарная безопасность производственных объектов нефтегазового комплекса	238-242
Сабиров Б.М., Зиганшин Б.Г., Галеева Л.И. Экономический консалтинг в условиях цифровизации агробизнеса	243-249
Адиатуллин А.Р., Хуснутдинов Б.И., Нурмиев А.А. Влияние характеристик бензинового топливона работу двигателя	250-256
Хазиев А.А., Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф. Совершенствование технологического процесса посева сельскохозяйственных культур	257-262
Синицкий С. А., Лукманов Р. Р., Синицкая Ю.С. Абдуллин Р.Ф. Особенности применения программного обеспечения для исследования динамических параметров двигателей внутреннего сгорания	263-270
Валиев А.А. Методика построения прогнозируемой модели для расчета урожайности яровой пшеницы Лаишевского района Республики Татарстан	271-278
Пикмуллин Г.В. Рабочий орган культиватора-плоскореза	279-284
Пикмуллин Г.В. Культиватор с ротационными рабочими органами	285-290

Пикмуллин Г.В. Комбинированное орудие для междурядной обработки	291-296
Синицкий С. А., Лукманов Р. Р., Синицкая Е.С. Разработка функциональной схемы программного обеспечения для исследования динамических характеристик двигателей внутреннего сгорания	297-302
Ибяттов Р.И., Галиев Д.М. К расчету течения жидких сред по осесимметричным криволинейным каналам	303-311
Зиннатуллина А.Н., Киселев В.Л. Оптимизационные модели эффективного использования удобрений в АПК	312-318
Киселева Н.Г., Киселев В.Л. Модели прогноза оптимального рациона кормления сельскохозяйственных животных	319-325
Рахматуллина Р.Г., Маскова А.Р. Процессы передачи тепла в теплообменниках	326-331
Рахматуллина Р.Г., Зиннатуллина А.Н. Изучение теплообменных аппаратов	332-337
Зиннатуллина А.Н., Шарапова А.И. Использование множественной линейной регрессии для оценки стоимости сельскохозяйственных зданий в схожих районах Республики Татарстан	338-344
Зиннатуллина А.Н., Носиров Д.В. Использование двумерной корреляционной модели для анализа производительности землеройных машин	345-352
Зиннатуллина А.Н., Носиров Д.В. Оптимизация машиностроительного производства	353-362
Киселева Н.Г., Савельев М.В. Мобильные роботы	356-369
Зиннатуллина А.Н., Мифтахов Р.Р. Моделирование транспортных потоков	370-376
Иванов В.А., Макаров Д. М., Макарова О.И. Мониторинг экологической обстановки с использованием цифровых технологий	377-386
Валиуллина Э.Э., Макаров Д. М., Макарова О.И. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности труда	387-395
Гордеев И.Н., Макаров Д. М., Макарова О.И. Воздействие опасных производственных факторов на здоровье работников	396-405
Янгирова Д.В., Макаров Д.М., Макарова О.И. Безопасность и гигиена труда в сельском хозяйстве	406-414
Трифонов А.С., Макаров Д.М., Макарова О.И. Использование цифровых технологий для обеспечения безопасных условий труда	415-423
Абдуллин Р.Ф., Яруллин Ф.Ф. Признаки опасного производственного объекта и требования по обеспечению безопасности	424-434
Садыков А.Р., Макаров Д. М., Макарова О.И. Разработка мероприятий по снижению производственного травматизма	435-441

Хайдаров Н.А., Хафизов К.А. Методика проведения лабораторных исследований по изучению влияния выхлопных газов на всхожесть и развитие яровой пшеницы	442-450
Хайдаров Н.А., Хафизов К.А. Результаты проведения лабораторных исследований по изучению влияния выхлопных газов на всхожесть и развитие яровой пшеницы	451-462
Кухтин А.А., Максимов А.А., Максимов А.В. Определение параметров впускной системы переменной геометрии двигателя внутреннего сгорания	463-473
Бадрутдинов А.К., Ключкина Н. С., Лукманов Р. Р. Полезные свойства концентрированного корма для крупного рогатого скота	474-480
Григорьев Р.В, Лукманов Р. Р., Сеницкий С.А. Машины для инфракрасной сушки зерна	481-487
Имамов И.Р, Лукманов Р. Р., Сеницкий С.А. Системы автоматизации используемые в теплицах	488-493
Кекина К.Е., Сабиров Б.М. Иновационные технологии в животноводстве	494-501
Нафиков И. Р., Лукманов Р. Р., Семенов В. Ю. Разработка устройства для автоматического поддержания температуры в ульях	502-507
Шарафиев И.Ф., Нафиков И.Р. Применение самоходных машин для пододвигания кормов на фермах КРС	508-514

Хафизов Рамиль Наилович

кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ramilajz@mail.ru

Хафизов Камиль Абдулхакович

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

fts-kgau@mail.ru

Нурмиев Азам Ахиарович

старший преподаватель

Казанский государственный аграрный университет, Казань

azat-nurmiev@mail.ru

Тагирзянов Тальгат Галимзянович

Заместитель директора ООО Казаньсельмаш

ОБЗОР ТРАНСМИССИЙ САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Аннотация. Статья посвящена обзору мирового производства самоходных опрыскивателей, с целью выявления тенденций изменения их параметров, определения наиболее перспективных типов трансмиссий. Материал собран из открытых источников, приведенных в Интернете и из сайтов производителей. Необходимые параметры опрыскивателей в натуральных и удельных величинах сведены в две таблицы. Анализ приведенных данных показал, что у производителей самоходных опрыскивателей наметилась устойчивая тенденция перехода от механических трансмиссий к гидромеханическим, а от последних к гидростатическим трансмиссиям. Несмотря на существующую, на сегодня, большую металлоемкость на единицу ширины захвата штанги у опрыскивателей с ГСТ на 40-44 кг/м и большую потребную энергонасыщенность 3-3,5 л.с/т, на рынке сельскохозяйственных машин предложения опрыскивателей с ГСТ возрастает и на это имеются свои причины.

Ключевые слова: Опрыскиватель самоходный, трансмиссия, удельные показатели опрыскивателя.

Ramil N. Khafizov

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ramilajz@mail.ru

Camil A. Khafizov

doctor of technical sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

Azat A. Nurmiev

senior lecturer,
azat-nurmiev@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
Talgat G. Tagirzyanov
Deputy Director of Kazanselmash LLC

OVERVIEW OF TRANSMISSIONS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS

Annotation. The article is devoted to a review of the world production of self-propelled sprayers, in order to identify trends in changes in their parameters, to determine the most promising types of transmissions. The material is collected from open sources on the Internet and from manufacturers' websites. The necessary parameters of sprayers in natural and specific values are summarized in two tables. Analysis of the above data showed that manufacturers of self-propelled sprayers have a steady trend of transition from mechanical transmissions to hydromechanical, and from the latter to hydrostatic transmissions. Despite the existing, at present, a large metal consumption per unit width of the boom for sprayers with a GTS of 40-44 kg/m and a large required energy saturation of 3-3,5 hp/t, the supply of sprayers with GTS is increasing on the agricultural machinery market and there are reasons for this.

Keywords: Self-propelled sprayer, transmission, specific indicators of the sprayer.

Введение. Требования к повышению устойчивости аграрной экономики [1...3], необходимость непрерывного увеличения производительности труда [4,5] диктуют конструкторам задачи улучшения конструкций сельскохозяйственных машин, в том числе разработки эффективных трансмиссий самоходных опрыскивателей [6...8]. Трансмиссии должны позволять без рывков, плавно изменять скоростной и нагрузочный режим работы опрыскивателя, что позволяет повысить качество выполнения технологического процесса по уходу за растениями. Опрыскиватели не должны повреждать культурные растения, создавать возможность автоматизации управления технологическим процессом на основе использования современной электроники и цифровых технологий. Такие трансмиссии гидромеханические или гидростатические. Необходимо выявить сложившиеся тенденции в использовании различных типов трансмиссий, чему и посвящается предлагаемая статья.

Условия, материалы и методы. Статья разработана по материалам источников в открытой сети интернет [9...11], а также информации, приведенной на сайтах производителей самоходных опрыскивателей России, США, Китая, Франции, Бразилии [12...14]. Выявлены основные типы трансмиссий самоходных опрыскивателей, определены их параметры. На основе натуральных параметров

выявлены удельные показатели самоходных опрыскивателей и проведен их сравнительный анализ. Работа проведена с целью выявления перспективного типа трансмиссии, тенденций изменения натуральных значений параметров самоходных опрыскивателей для создания в дальнейшем математической модели трансмиссии и выявления оптимальных основных параметров самоходных опрыскивателей с учетом их влияния на урожай культур.

Результаты и обсуждение. Обзор характеристик самоходных опрыскивателей мировых производителей показал, что в их практике конструирования используются все возможные типы трансмиссий [15]:

- механические;
- гидромеханические;
- гидростатические или (гидрообъемные в отечественной литературе по гидроприводу мобильных машин).

В таблице 1 показаны производители, использующие те или иные типы приводов ходовой части и наиболее важные параметры самоходных опрыскивателей.

Тенденция увеличения используемых типов трансмиссий самоходных опрыскивателей идет от чисто механических трансмиссий, через гидромеханические трансмиссии к гидростатическим (гидрообъемным) трансмиссиям. В таблице больше всего марок опрыскивателей представлены с гидромеханической трансмиссией – 9 шт. Объем их баков колеблется от 3000 до 4542 л, масса меняется от 7660 до 13850 кг, ширина захвата штанги колеблется от 24 до 50 м. Примерно в этих же пределах меняются параметры самоходных опрыскивателей с гидростатической трансмиссией количество которых в таблице 1 равно 7.

Для объективного сравнения изменения параметров опрыскивателей в зависимости от типа трансмиссии и их анализа в таблицу 2 сведены средние значения удельных показателей, полученных на основе параметров, приведенных в таблице 1.

Наименьшие значения всех трех удельных показателей (массы опрыскивателя на единицу объема емкости, кг/л; массы опрыскивателя на единицу ширины захвата штанги, кг/м; энергонасыщенности опрыскивателя, л.с./т) приходятся на самоходные опрыскиватели с механической трансмиссией. Это объясняется меньшей металлоемкостью таких опрыскивателей и большим значением коэффициента полезного действия механических трансмиссий, которые могут превысить 0,9.

Таблица 1 –Основные параметры самоходных опрыскивателей, типы их трансмиссий и их производители

Тип трансмиссии	Число передач	Скорость, км/ч	Мощность двигателя, л.с.	Масса опрыскивателя, кг	М/О, кг/л М/В, кг/м Н/М, л.с./т	Объем бака, л	Ширина захвата, м	Шины	Марка опрыскивателя	Страна производитель
Механическая	5/1	25	116	6700	2,23 279 17,3	3000	24		ОС-3000	«Казаньсельмаш» (РФ)
Гидромеханическая	JCB Powershift, 4-скоростная+ гидротрансформатор	до 51	163	7660	3,1 255 21,3	2460	30 (алюм)	Передние: Michelin 380/85R34 Задние: Michelin 380/80R38	AS650	Equipment Technologies (США)
	ZF Powershift, 6-скоростная с самоблокирующимся дифференциалом+ гидротрансформатор	до 56	215	9072	2,39 252 23,6	3800	36 (алюм)	Передние: Michelin 380/80R38 Задние: ОДИНАРНЫЕ Michelin 380/90R46	AS1050	
			215	9525	2,1 238 22,6	4542	40 (алюм)		AS1250	
	5/1АКПП+гидротрансформатор	0-30 раб 0-60 тран	275-286	12409– 13298	2,93 369 21,05	4 540	27/30/36	380/90 R46	Versatile SP 275	РОСТСЕЛЬМАШ (РФ)
			235-243						3785	
Мосты+раздаточная коробка, привод гидромотором	0 – 10 0 – 13 0 – 17 0 – 25	170 210 235	13850		3900 4500	От 24 до 50	380/90 R 46 Альянс 380/90 R 46 Мишлен	Maestria 17-39	Франция	
								Maestria 21-39		
				3,08 288,5 16,97				Maestria 23-45		

Тип трансмиссии	Число передач	Скорость, км/ч	Мощность двигателя, л.с.	Масса опрыскивателя, кг	M/Q, кг/л M/B, кг/м N/M, л.с./т	Объем бака, л	Ширина захвата, м	Шины	Марка опрыскивателя	Страна производитель
Гидростатическая	4/1 Powershift	0-32 раб 0-44 тран	245	10315-10351	3,4 381 23,8	3028	24, 27, 30	380/90R46, 320/90R46, 420/80R46 Выс. Прох. 520/85R38	John Deere 4730	США
		0-28 раб 0-48 тран	275	11351-11476	2,53 422 24,1	3785	24, 27, 30		John Deere 4830	
		0-32 раб 0-48 тран	325	13607-13598	3,02 378 23,9	4500	27, 30, 36		John Deere 4930	
	ГСТ 4 х 4 с индивидуальным электронным управлением Tracon Control каждым колесом в зависимости от сцепления Двухступенчатая	0-35 раб 0-55 тран	243	10 500	2,33 292 23,1	4500	36	380/90 R46	JACTO UNIPORT 4530	-
	Двухступенчатая	0-25 раб 0-40 тран	220	9 800	3,16 326 22,45	3100	25, 27, 30	320/90 R46 и 380/80 R38	Imperador 3100	Бразилия
	Гидростатический 4 х 4 Danfoss	0-25	240	7500	1,88 267,9 32	4000	28	380/90R46	3W PYZ 3000-240	Китай
	Гидростатический 4 х 4 Danfoss Двухступенчатая	6-18раб 30 тран	160	7010	2,7 292 22,8	2000-2600	21, 24	12,4 - 38	SUOLUN 3WP-2000	

Таблица 2 - Удельные показатели самоходных опрыскивателей в зависимости от типа трансмиссии

Тип трансмиссии	Средние значения удельных показателей		
	масса опрыскивателя на единицу объема емкости, кг/л	масса опрыскивателя на единицу ширины захвата штанги, кг/м	Энерго насыщенность опрыскивателя, л.с./т
Механические	2,23	279,0	17,3
Гидромеханические	2,72	280,5	21,1
Гидростатические	2,72	337,0	24,6

Если масса опрыскивателя на единицу объема емкости, кг/л у самоходных опрыскивателей с гидромеханической и гидростатической трансмиссией одинаково (2,72 кг/л), то масса опрыскивателя, приходящаяся на единицу ширины захвата штанги у гидростатических опрыскивателей больше на величину 40-44 кг/м. Это можно объяснить лишь тем, что агрегаты гидростатической трансмиссии (гидронасосы, гидромоторы и др.) имеют значительную массу, превышающую массу агрегатов гидромеханической трансмиссии (гидротрансформатор, коробка перемены передач, и элементы ведущих мостов – дифференциалы, редукторы и др.). Более высокая энергонасыщенность самоходных опрыскивателей с ГСТ объясняется низким КПД трансмиссии, которая находится в пределах от 0,7 до 0,82 в зависимости от режима ее работы.

Однако те обстоятельства, что самоходные опрыскиватели должны иметь высокий клиренс для обработки высокостебельных культур, таких как кукуруза, что затрудняет подвод мощности к двигателям, а также постоянное совершенствование агрегатов ГСТ заставляет мировых производителей все шире использовать для привода двигателей сельскохозяйственных машин гидростатические трансмиссии. Кроме того, гидростатическая трансмиссия позволяет самоходным опрыскивателям поддерживать постоянную скорость распыления, что очень важно для точного и равномерного нанесения химикатов на поверхность растений.

За прошедшие годы значительно повысилась эффективность гидростатических передач [16,17]: улучшилась точность распределителей (зазоры снизились с 30–40 мкм до 15–20 мкм), гидронасосов и гидромоторов (зазоры снизились с 15–20 мкм до 7–10 мкм), более чем в 1,5 раза выросло максимальное рабочее (ограничиваемое клапаном) давление в объемных гидро приводах. Все это, в совокупности позволяет обеспечивать необходимые диапазоны

регулирования скоростей и моментов за счет гидрообъемной передачи (ГОП) [18] на мобильных машинах различных классов, в том числе увеличивать объем бака опрыскивателей, ширину их захвата, рабочие скорости [19-22], а значит повышать производительность труда [23-25].

Современные тенденции изменений в трансмиссиях самоходных опрыскивателей можно определить следующим образом:

1. Повышение эффективности. Производители постоянно работают над повышением эффективности трансмиссий, используемых в самоходных опрыскивателях. Это включает в себя оптимизацию гидравлических систем, снижение потерь мощности и использование передовых материалов и технологий для минимизации потребления энергии и максимизации производительности.

2. Улучшенное управление и автоматизация. Современные самоходные опрыскиватели все чаще оснащаются усовершенствованными системами управления и автоматики для повышения точности и простоты использования. К ним относятся GPS-навигация, автоматическое управление высотой штанги и технология переменной нормы внесения удобрений, что позволяет выполнять опрыскивание более точно и эффективно.

3. Повышенная универсальность. Производители разрабатывают самоходные опрыскиватели с учетом большей универсальности, что позволяет использовать их для более широкого спектра задач и в различных полевых условиях. Это включает в себя разработку трансмиссий, которые могут выдерживать более тяжелые нагрузки, более высокие скорости и более сложный рельеф.

4. Повышение комфортности условий работы оператора. По мере совершенствования самоходных опрыскивателей производители также уделяют внимание повышению комфорта и эргономики оператора. Это включает в себя разработку трансмиссий, обеспечивающих более плавную работу, снижение уровня шума и улучшенные функции управления для минимизации усталости оператора и повышения общей производительности.

Таким образом, современные тенденции изменений в трансмиссиях самоходных опрыскивателей направлены на повышение эффективности, улучшение управления и автоматизации, повышение универсальности и повышение комфорта оператора. Эти усовершенствования направлены на оптимизацию работы самоходных опрыскивателей, делая их более эффективными и удобными для применения в сельскохозяйственном производстве.

Выводы.

1. Масса опрыскивателей с различными типами трансмиссий колеблется в пределах от 6700 до 13598 кг – изменение более чем в 2 раза. При этом ширина захвата штанги различных машин изменяется в пределах от 21 до 50 м, а объем бака от 2000 до 4542 л. Минимальные

или максимальные значения параметров не соответствуют одной марке самоходного опрыскивателя.

2. На сегодня, мировые производители самоходных опрыскивателей наиболее чаще используют гидромеханические трансмиссии с гидротрансформатором и многоступенчатым редуктором с автоматическим переключением передач типа powershift. Либо привод многоступенчатого редуктора осуществляется гидромотором, с подводом мощности от гидронасоса. Такая схема позволяет использовать преимущества плавного, бесступенчатого изменения скоростного режима работы агрегата, добиться сравнительно высокого значения КПД трансмиссии, использовать преимущества обкатанных систем блокировки межосевой и межколесных дифференциалов.

3. Несмотря на сравнительно низкий КПД, имеется тенденция широкого использования гидростатических трансмиссий со встроенными в колеса гидромоторами или гидромоторредукторами по схеме 4×4, т.к. самоходные опрыскиватели должны иметь высокий клиренс для обработки высокостебельных культур, таких как кукуруза, что затрудняет подвод мощности к двигателям при использовании гидромеханических трансмиссий.

4. За последние годы повысилась эффективность показателей агрегатов гидростатических передач - улучшилась точность изготовления деталей: зазоры распределителей снизились в 2 раза, гидронасосов и гидромоторов с более 2-ух раз; в 1,5 раза выросло максимальное давление в объемных гидро приводах (превысив 40 МПа). Это позволило обеспечить необходимые диапазоны регулирования скоростей и моментов за счет гидростатической передачи на мобильных машинах различных тяговых классов, в том числе увеличить объем бака опрыскивателей, ширину их захвата, рабочие скорости, а значит повысить производительность труда.

5. Наметилась тенденция и широко используются электронные (интеллектуальные) системы управления технологическим процессом самоходных опрыскивателей, в том числе работой трансмиссии и ходовой части.

Литература

1. Сапрунова, Е. А. Устойчивость развития аграрного сектора экономики в условиях риска / Е. А. Сапрунова, В. П. Васильев // АПК: экономика, управление. – 2012. – № 10. – С. 46-52.
2. Качанова, Л. С. Конвергенция технологических процессов растениеводства и животноводства как фактор повышения устойчивости аграрного сектора экономики / Л. С. Качанова, А. М. Бондаренко // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню

российской науки, Улан-Удэ, 06–07 февраля 2020 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2020. – С. 97-101.

3. Васильева, Н. К. Применение экономико-математических методов в решении проблем повышения устойчивости производства в аграрной сфере / Н. К. Васильева // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. – 2006. – № 4. – С. 85-87.

4. Власова, Т. А. Определение резерва увеличения и факторное прогнозирование уровня производительности труда / Т. А. Власова, И. В. Савочкина // Роль статистики в принятии управленческих решений: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Лесниково, 17 декабря 2012 года / министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВПО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева». – Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2012. – С. 34-37.

5. Масыч, М. А. Технологии использования интеллектуальных ресурсов в контексте необходимости повышения производительности труда в условиях цифровой экономики / М. А. Масыч // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Т. 9, № 4. – С. 1443-1458. – DOI 10.18334/vines.9.4.41196.

6. Марченко, Л. А. Экономическая эффективность применения самоходных опрыскивателей "Джон Дир" / Л. А. Марченко, Т. В. Мочкова, Р. К. Курбанов // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 4(33). – С. 145-149.

7. Авторское свидетельство № 1685762 А1 СССР, МПК В60К 17/10. Самоходная машина с объемной гидравлической трансмиссией: № 4409122: заявл. 13.04.1988: опубл. 23.10.1991 / Ю. А. Беленков, А. В. Лепешкин; заявитель МОСКОВСКИЙ АВТОМЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ.

8. Авторское свидетельство № 1491750 А1 СССР, МПК В60W 10/10. Система управления гидрообъемно - механической трансмиссией самоходной машины: № 4291557: заявл. 28.07.1987: опубл. 07.07.1989 / В. Р. Мандрыка, Д. И. Сторожук, И. П. Олейник, М. Н. Соколенко; заявитель Харьковский политехнический институт им.В.И.Ленина.

9. САМОХОДНЫЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЬ 4730.
https://daltimbermash.ru/sites/daltimbermash.ru/files/docs/opryskivateli_4730.pdf (Дата обращения 14 апреля 2023 года)

10. ОПРЫСКИВАТЕЛЬ САМОХОДНЫЙ БАРС ОС-4000М.
<https://www.pts58.ru/opryskivatel-samohodnyy-bars-os-4000m> (Дата обращения 14 апреля 2023 года)

11. Apache by Equipment technologies (США).
<https://www.techsystems.kft.com/apache> (Дата обращения 14 апреля 2023 года)

12. Барс ОС-2500 М.
<https://okaagro.ru/images/products/cxt/k744p/pdf/Kazansamoxa.pdf> (Дата обращения 14 апреля 2023 года)
13. К взлёту готов // Каталог компании «John Deere». – 2018. – 40 с.
14. Высококлиренсные самоходные опрыскиватели из Китая.
<http://www.aerounion.ru/catalog/53> (Дата обращения 14 апреля 2023 года)
15. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
16. Таран, И. А. Трансмиссии шахтных дизелевозов: моногр. / И. А. Таран. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2012. – 256 с.
17. Методика уточнения математической модели объемного КПД аксиально-поршневых гидронасосов / В. Б. Самородов, [и др.] // Сб. науч. тр. “Вестник НТУ “ХПИ”: Автомобиле- и тракторостроение № 58. – Вестник НТУ “ХПИ”, – 2008. – С. 3–10.
18. Самородов, В. Б. Сравнительный анализ бесступенчатых двухпоточных гидрообъемно-механических трансмиссий / В. Б. Самородов, А. И. Бондаренко // Вестник Харьковского автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Харьков: – 2012. Вып. 56. – С. 37–45.
19. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.
20. Тенденции развития опрыскивателей и задачи совершенствования методов расчета их параметров и режимов работы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартыанова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 429-437.
21. Результаты экспериментальных исследований влияния параметров опрыскивателей на формируемый урожай яровой пшеницы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние

и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 417-428.

22. Методика планирования эксперимента для определения рациональной ширины захвата, скорости агрегата и срока проведения опрыскивания зерновых культур / Э. П. Утяшев, Н. Р. Залаков, А. А. Нурмиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 409-416.

23. Влияние параметров опрыскивателей на формируемый урожай зерновых культур / Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев, К. А. Хафизов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 402-408.

24. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.

25. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

26. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,

©Хафизов Р.Н., Хафизов К.А., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. 2023

Хафизов Рамиль Наилович

кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ramilajz@mail.ru

Хафизов Камиль Абдулхакович

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

fts-kgau@mail.ru

Нурмиев Азат Ахиарович

старший преподаватель

Казанский государственный аграрный университет, Казань

azat-nurmiev@mail.ru

Тагирзянов Тальгат Галимзянович

Заместитель директора ООО Казаньсельмаш

СХЕМЫ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматриваются различные схемы гидростатической (ГСТ) трансмиссии, которые могут быть применены для самоходных опрыскивателей. Выяснено, что с целью снижения веса опрыскивателей, снижение явления кавитации в насосах лучше использовать гидрообъемные передачи с замкнутой циркуляцией. Обоснованы основные требования к ГСТ самоходных опрыскивателей, исходя из особенностей технологического процесса, полевых условий работы таких как - работа на подъемах и спусках, на склонах, иногда при слабом сцеплении одного или нескольких движителей, возможность переключения режимов работы с технологического на транспортный и наоборот, отключения одного из мостов, возможность межколесной и межосевой блокировки, лучше в автоматическом режиме и др. Из приведенных схем условиям работы опрыскивателей наиболее полно отвечает схема с одним регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемыми гидромоторами, с датчиками оборотов, трехпозиционными золотниками управления движением вперед, назад, накатом, электронного блока управления (ЭБУ) и пропорциональным клапаном на каждое колесо для перераспределения потока от буксующего колеса на отстающие.

Ключевые слова: Опрыскиватель самоходный, гидростатическая трансмиссия (ГСТ), схемы трансмиссии

Ramil N. Khafizov,

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ramilajz@mail.ru

Camil A. Khafizov
doctor of technical sciences, professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

Azat A. Nurmiev
senior lecturer
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

azat-nurmiev@mail.ru

Talgat G. Tagirzyanov
Deputy Director of Kazanselmash LLC

SCHEMES OF HYDROSTATIC TRANSMISSION OF SELF-PROPELLED SPRAYERS

Abstract. The article discusses various hydrostatic (GTS) transmission schemes that can be used for self-propelled sprayers. It was found that in order to reduce the weight of sprayers, reduce the phenomenon of cavitation in pumps, it is better to use hydrostatic transmissions with closed circulation. The basic requirements for the GTS of self-propelled sprayers are substantiated, based on the characteristics of the technological process, field working conditions such as work on ascents and descents, on slopes, sometimes with weak adhesion of one or more propellers, the ability to switch operating modes from technological to transport and vice versa, disabling one of the bridges, the possibility of cross-wheel and inter-axle blocking, preferably in automatic mode, etc. Of the above schemes, the operating conditions of the sprayers are most fully met by a scheme with one adjustable pump and 4 unregulated hydraulic motors, with speed sensors, three-position spools for controlling forward, backward, coasting, an electronic control unit (ECU) and a proportional valve for each wheel to redistribute the flow from the slipping wheel to the lagging wheels.
Keywords: Self-propelled sprayer, hydrostatic transmission (GST), transmission schemes

Введение. В трансмиссиях современных мобильных машин широко используется гидрообъемный или гидростатический привод [1...3]. Существуют большое количество вариантов схем передачи энергии двигателя к движителям самоходной машины [4...6]. У каждой схемы имеются преимущества и недостатки [7...9]. Выбор схемы диктуется и назначением мобильной машины, особенностями ее конструкции и условиями ее работы [10...12]. В предлагаемой статье сделана попытка обоснования приемлемой схемы гидростатической трансмиссии высококлиренсного самоходного опрыскивателя с возможностью регулировки дорожного просвета и колеи. Опрыскиватель должен перемещаться на нескольких режимах работы

– как минимум технологическом режиме для выполнения технологической операции по уходу за растениями на полях с различным агрофоном, иногда имеющих сложный рельеф и транспортном режиме для более быстрого перемещения с поля на поле по дорогам с твердым покрытием.

Условия, материалы и методы. Для выявления наиболее приемлемых схем трансмиссий с ГСТ приводом, проанализирован значительный объем информации, имеющейся в открытой печати - монографий и диссертаций [13...15], статей и учебников [16...18], патентов, авторских свидетельств [19...21] и др. источников информации. Материал подвергался анализу, выявлялись преимущества тех или иных схем, их способность удовлетворять требованиям к трансмиссии самоходных опрыскивателей с ГСТ.

Результаты и обсуждение. Как известно [22] в объемном гидроприводе используются замкнутая (рисунок 1а) и разомкнутая системы циркуляции (рисунок 1в) жидкости.

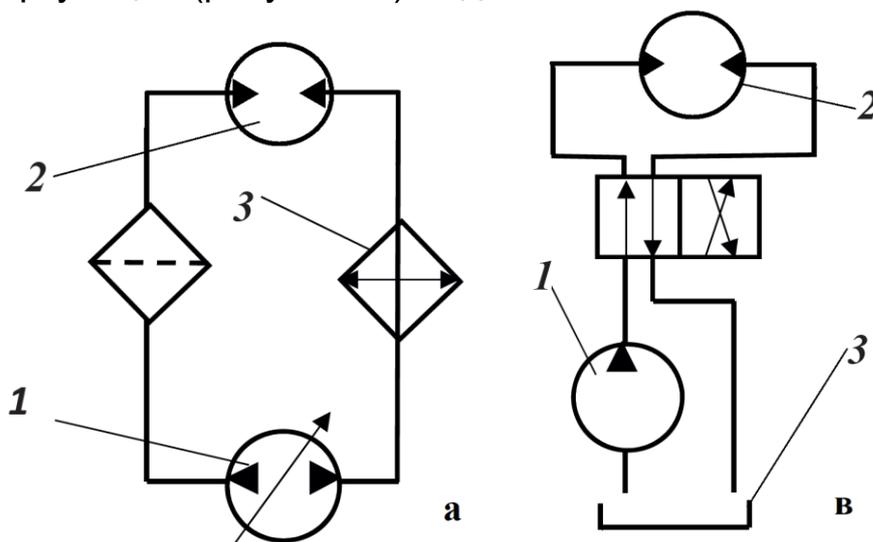


Рисунок 1 – Схемы циркуляции жидкости в ГОП:
а- замкнутая; в- разомкнутая

При замкнутой системе циркуляции отработанная жидкость из гидромотора 2 поступает непосредственно в насос 1. Это позволяет в закрытом контуре существенно увеличить рабочее давление (до 32...50 МПа), что важно в гидроприводах мобильных машин для снижения их металлоемкости, значит негативного воздействия движителей на почву.

В связи с тем, что в гидромоторе и в гидронасосе происходят утечки через неплотности и они тем больше, чем больше принятое давление, то возникает необходимость постоянной подачи масла в систему извне [22] рисунок 2.

Утечки жидкости восполняются подкачивающим насосом Н2, подающим жидкость через обратные клапаны КО1, КО2, избыток жидкости (при повышении давления сверх установленного) сливается

через предохранительные КП1 и КП2 и переливной КП3 клапаны по сливной гидролинии в гидробак Б.

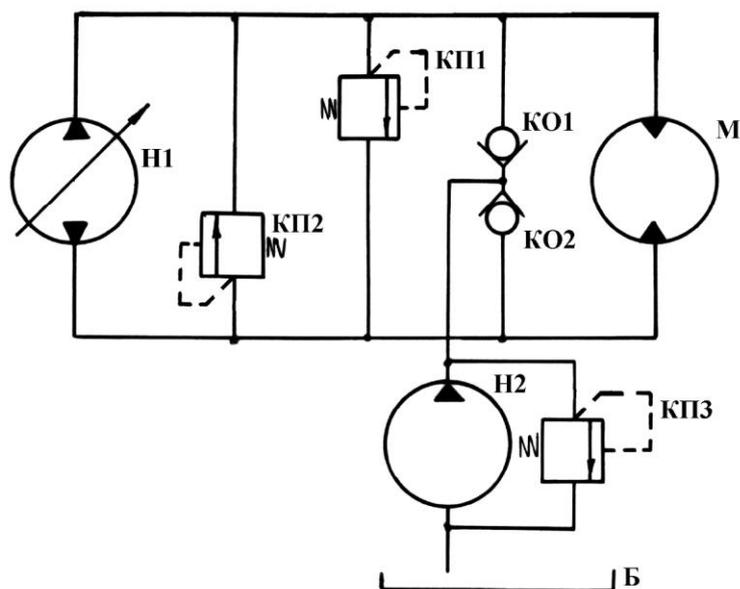


Рисунок 2 - Схема гидропривода вращательного движения с замкнутой циркуляцией рабочей жидкости и с подпиткой

Преимущества замкнутой системы циркуляции рабочей жидкости [23]:

- необходим меньший объем жидкости, а значит меньший объем бака и масса, что снижает массу самоходного опрыскивателя и потери урожая от уплотнения почвы;
- рабочая жидкость изолирована от окружающей среды, меньше засоряется, меньше затраты на техническое обслуживание (ТО);
- рабочую жидкость подают в насос Н1 под избыточным давлением, что исключает явление кавитации и позволяет насосу работать с большей частотой вращения;
- подаваемое подкачивающим насосом масло служит и для охлаждения гидромотора и гидронасоса;
- снижается риск попадания в систему воздуха;
- легко меняется направление потока жидкости, а значит направление движения мобильной машины.

Из недостатков замкнутой системы циркуляции рабочей жидкости можно отметить следующие:

- возникает необходимость дополнительного охлаждения рабочей жидкости за счет использования радиатора;
- усложняется метод очистки жидкости от механических частиц при изменении направления течения жидкости.

В разомкнутой системе циркуляции жидкость из гидромотора 2 сливается в бак 3 см. рисунок 1в.

Разомкнутая система циркуляции жидкости также обладает рядом преимуществ [23]:

- меньше вероятность необходимости установки радиатора для охлаждения, ввиду длинного пути движения жидкости и использования большего объема бака;
- отпадает необходимость использования насоса подпитки, что упрощает конструкцию привода;
- один насос используется для питания нескольких различных потребителей (гидромоторов, гидроцилиндров и др.).

Однако, наряду с преимуществами, у разомкнутой системы имеются и недостатки:

- давление в баке и на всасывающем тракте насоса меньше или равно атмосферному, что ограничивает применение высокооборотных насосов из-за возможной кавитации;
- габаритные размеры гидропривода увеличиваются;
- низкое давление жидкости во всасывающей линии может явиться причиной проникновения воздуха в гидросистему, что ухудшает работу гидропривода: интенсивно окисляется рабочая жидкость, уменьшается подача насоса, является причиной возникновения вибрации.

Гидростатические трансмиссии (ГСТ) различаются сочетаниями регулируемого или нерегулируемого насоса и мотора, что значительно определяет их эксплуатационные характеристики. На рисунке 3а приведена самая простая схема из всех возможных.

Здесь используются насос и мотор с фиксированными объемами. Получается самое дешевое ГСТ, однако, с самым низким коэффициентом полезного действия (КПД) трансмиссии. Поскольку объем насоса фиксированный, то он должен быть рассчитан для привода мотора с максимальной установленной скоростью при полной нагрузке. Когда максимальная скорость не требуется, часть рабочей жидкости из насоса проходит через предохранительный клапан, превращая энергию в тепло.

На рисунке 3 показаны характеристики мощности, крутящего момента, скорости для насоса и мотора, при условии, что насос работает с постоянной подачей.

Подача насоса максимальна при номинальной скорости, и насос подает все масло в гидромотор при постоянной скорости последнего. Но инерция нагрузки делает невозможным ускорение мгновенно до максимальной скорости, так что часть потока насоса сливается через предохранительный клапан. Рисунок 3а иллюстрирует потери мощности при разгоне. По мере того как гидромотор увеличивает частоту вращения, в него поступает все больше потока масла от насоса, и все меньше масла уходит через предохранительный клапан. При номинальной скорости, все масло проходит через мотор.

Крутящий момент постоянен, т.к. определяется настройкой предохранительного клапана, которая не меняется. Потеря мощности на предохранительном клапане — это разница в мощности, развиваемой насосом и мощности приходящей на гидромотор.

Площадь под этой кривой представляет потерянную мощность, когда движение начинается или заканчивается. Также видна низкая эффективность для любой рабочей скорости ниже максимума. Гидростатические трансмиссии с фиксированными объемами не рекомендуются в приводах требующих частых запусков и остановок, или когда нет необходимости часто использовать максимальный крутящий момент.

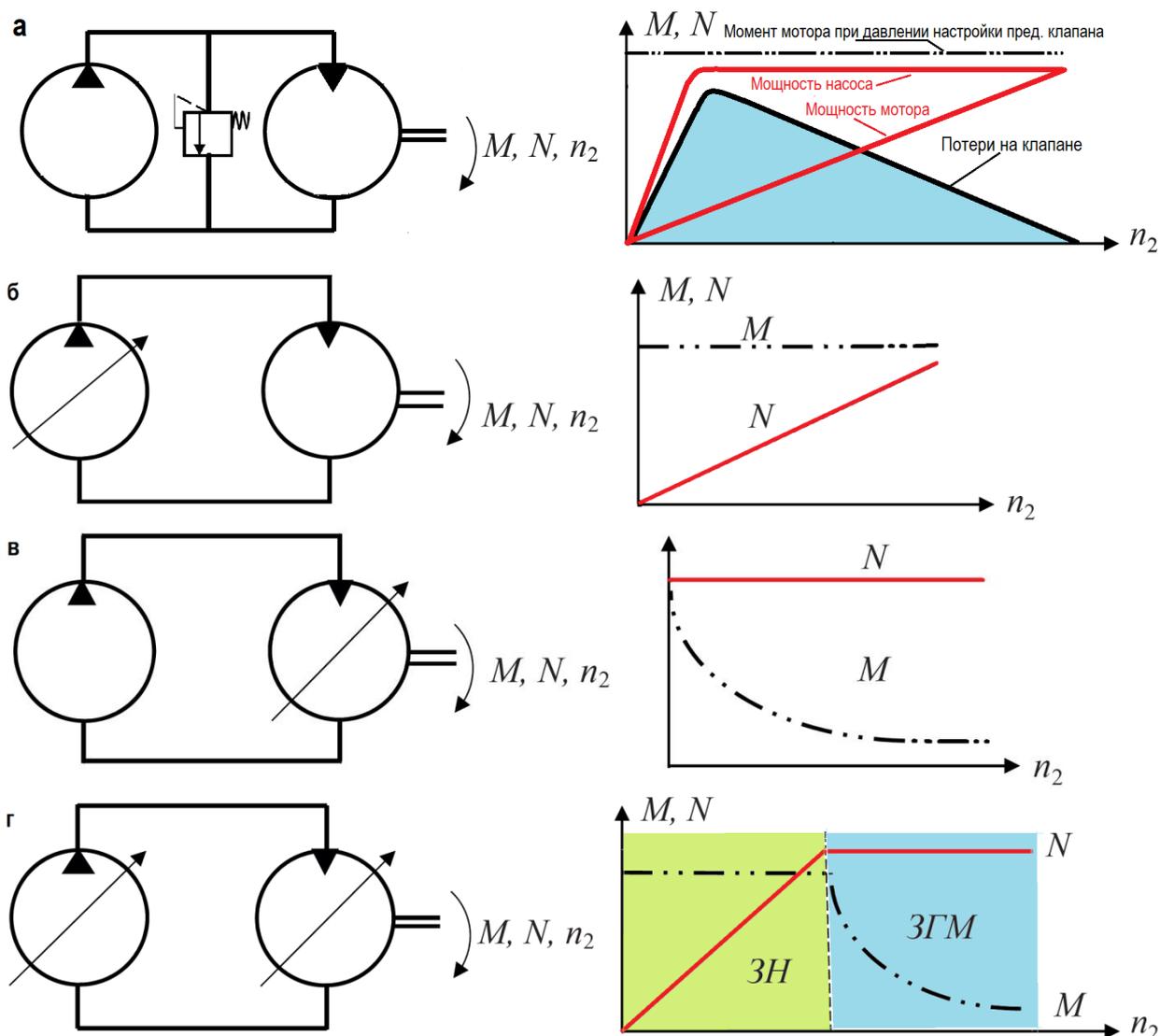


Рисунок 3 – Схемы соединения основных агрегатов ГСТ и объемного регулирования показателей

Использование в гидростатической трансмиссии насоса с регулируемой подачей и гидромотора с постоянным объемом может обеспечить передачу постоянного крутящего момента - рисунок 3б. Выходной крутящий момент постоянен при любой скорости, так как зависит только от давления жидкости и объема гидромотора.

Увеличение или уменьшение подачи насоса увеличивает или уменьшает скорость вращения вала гидромотора, а, следовательно, и мощность привода, в то время как крутящий момент остается постоянным.

Схема (Зв) с регулируемым гидромотором и нерегулируемым насосом предпочтительна в ГСТ, эксплуатируемых в режиме постоянной мощности. Так как величина потока, поступающего в гидромотор, постоянна, а объем гидромотора, для поддержания скорости и крутящего момента, изменяется, то передаваемая мощность постоянна. Уменьшение объема гидромотора увеличивает скорость вращения, но уменьшает крутящий момент и наоборот.

Наиболее универсальной, но и дорогой гидростатической трансмиссией, является комбинация регулируемого насоса и гидромотора с переменным объемом см. рисунок 3г. Теоретически, эта схема обеспечивает бесконечные соотношения крутящего момента и скорости к мощности. Используя гидромотор с максимальным объемом, изменяя мощность насоса, напрямую регулируем скорость и мощность, в то время как крутящий момент остается постоянным. Уменьшение объема гидромотора при полной подаче насоса увеличивает скорость мотора до максимума; крутящий момент изменяется обратно пропорционально скорости, мощность остается постоянной.

Кривые на рисунке 3г иллюстрируют два диапазона регулировки. В диапазоне ЗН (зона регулирования насосом), объем гидравлического мотора установлен на максимум; объем насоса увеличивается от нуля до максимума. Крутящий момент остается постоянным при увеличении объема насоса, но мощность и скорость увеличиваются.

Диапазон ЗГМ (зона регулирования гидромотором) начинается, когда насос достигает максимального объема, который поддерживается постоянным, в то время как объем гидромотора уменьшается. В этом диапазоне, крутящий момент уменьшается по мере увеличения скорости, но мощность остается постоянной.

Для того, чтобы разобраться в многообразии возможных схем передачи мощности двигателя мобильной машины (самоходного опрыскивателя) на его движители с помощью гидростатических (гидрообъемных) трансмиссий, необходимо, по крайней мере, сформулировать требования к трансмиссии. В техническом задании заказчика имеются такие пункты:

- меньшая удельная масса на единицу ширины захвата, на единицу мощности двигателя и на единицу объема емкости опрыскивателя для снижения уплотнения почвы и потерь урожая;
- возможность обеспечения скорости перемещения на технологическом режиме от 0 до 25 км/ч, на транспортном режиме от 0 до 40 км/ч;

- возможность быстрого регулирования дорожного просвета и колеи в полевых условиях в зависимости от состояния культурных растений;
- возможность межосевой и межколесной блокировки при изменении дорожных условий и неравномерного сцепления колес с опорной поверхностью;
- автоматическая блокировка колес при работе на склонах, блокировка мостов при преодолении подъемов и спусков на технологических и транспортных режимах работы;
- четыре управляемых колеса с различным типом управления (поворот за счет передних колес, поворот всеми колесами, движение способом «краб» для работы на склонах);
- наличие контроллера, датчиков и другого сопутствующего оборудования, что позволит поддерживать постоянной заданную норму внесения рабочей жидкости в автоматическом режиме, вне зависимости от рабочей скорости;
- наличие пневматической подвески, позволяющей значительно снизить колебания штанги и уменьшить динамическую нагрузку на раму опрыскивателя и повысить качество обработки растений;
- оптимальные параметры шины, согласованные с массой опрыскивателя, мощностью двигателя, скоростными и нагрузочными режимами для снижения уплотняющего воздействия опрыскивателя на почву;
- по возможности меньшее количество управляющей арматуры, с целью снижения потерь мощности и повышения КПД трансмиссии.

Рассмотрим варианты функциональных схем ГСТ с одним насосом и 4-мя гидромоторами, приведенными на рисунке 4. Такая схема используется, если нагрузка на колеса стабильная, а вероятность попадания одного из них в плохие условия невелика.

Схема на рисунке 4а, отвечает большинству требований к трансмиссии самоходных опрыскивателей. Буксование колес автоматически предотвращается за счет межосевого и двух межколесных делителей потока. Однако наличие большого количества делителей потока снижает КПД трансмиссии, повышает расход энергии.

Схема на рисунке 4б свободна от делителей потоков, однако использование, наряду с регулируемым насосом, дополнительно четырех регулируемых гидромоторов резко увеличивает стоимость трансмиссии. Такая схема трансмиссии будет иметь преимущество при использовании его для работы на склонах, т.к. позволяет регулировать объем гидромоторов и компенсировать негативное влияние перераспределения массы опрыскивателя между колесами одного борта.

Если в процессе функционирования один из мостов разгружается, происходит перераспределение веса между мостами, например, при движении опрыскивателя во время работы на подъем, то целесообразно осуществить привод каждого моста от своего насоса.

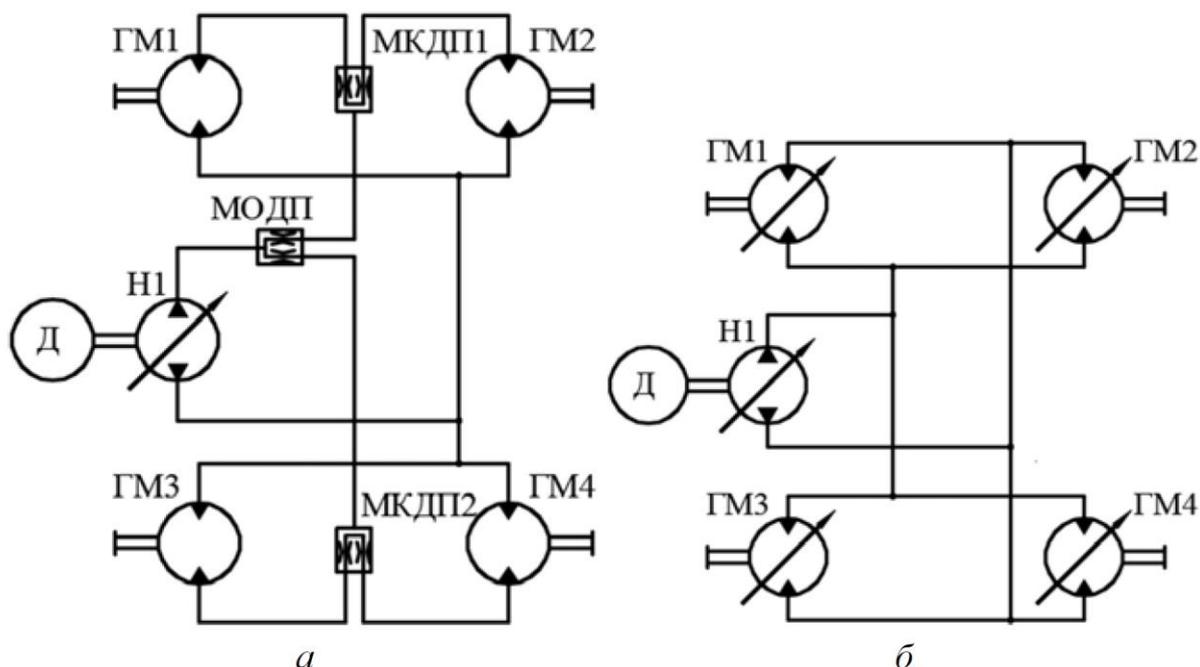


Рисунок 4 - Схема гидрообъемной трансмиссии с одним насосом:
 а – на базе нерегулируемых гидромоторов с делителями потока; б – на базе регулируемых гидромоторов;
 Н1 – насос; ГМ1, ГМ2, ГМ3, ГМ4 – гидромоторы; МКДП1, МКДП2 – межколесные делители потока; МОДП – межосевой делитель потока; Д – двигатель

На рисунке 5 представлены схемы гидрообъемной трансмиссии с двумя насосами. Использование двух насосов позволяет отдельно осуществлять привод каждого моста и нет необходимости в межосевом делителе потока, это повышает КПД трансмиссии, но увеличивает его стоимость рисунок 5а.

Если нагрузка на левое и правое колесо одного моста в процессе функционирования меняется значительно, к примеру, одно из них повисает в воздухе, необходимо использовать мост с механической блокировкой колес, а гидромотором осуществлять привод всего моста рисунок 5б.

Сдвоенный насос разумно использовать при параллельном подключении гидромоторов переднего левого и заднего правого колес к одному насосу, и, наоборот, переднего правого и заднего левого ко второму насосу. Это позволяет исключить необходимость установки делителей потоков, что также повышает КПД гидропередачи рисунок 6. Такая функциональная схема является наиболее перспективной.

Из приведенных схем условиям работы опрыскивателей наиболее полно отвечает схема с одним насосом, приведенным на

рисунке 4а, но вместо делителей потока необходимо использовать пропорциональные клапаны для каждого гидромотора, управляемые по сигналам датчиков оборотов колес электронным блоком управления, аналог гидротрансмиссии «Bosch Rexroth» рисунок 7 [24].

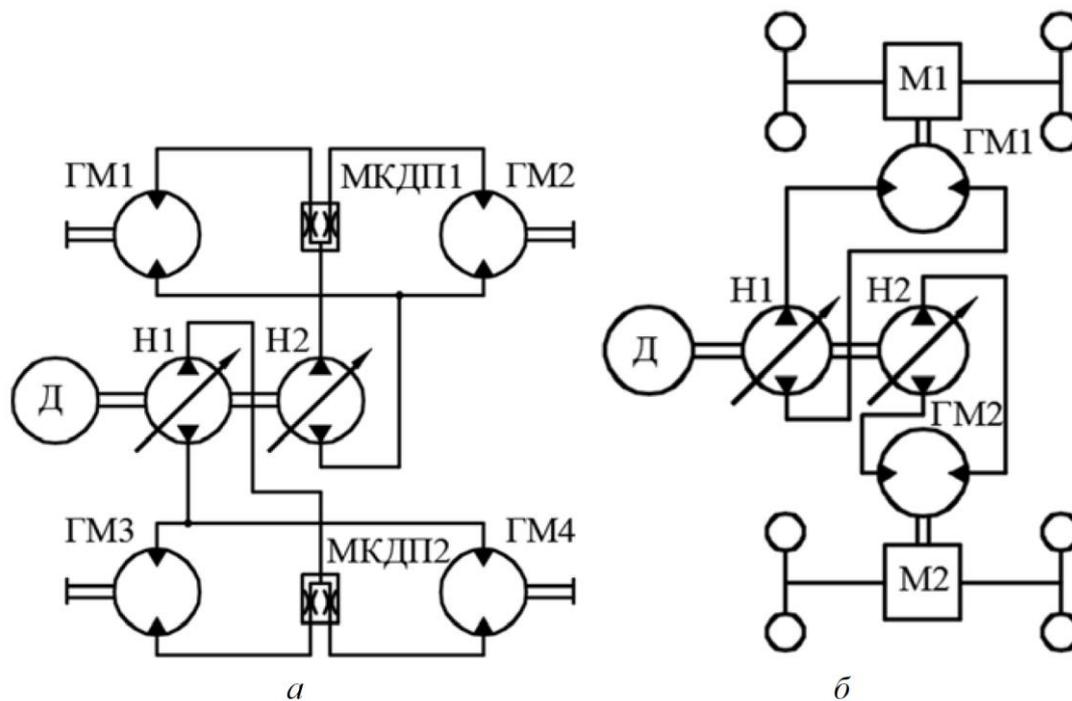


Рисунок 5 - Схема гидрообъемной трансмиссии с двумя насосами: *а* – гидромоторы установлены в колесах; *б* – гидромоторы установлены на мосту; *Н1, Н2* – насосы; *ГМ1, ГМ2* – гидромоторы; *М1, М2* – мосты; *Д* – двигатель

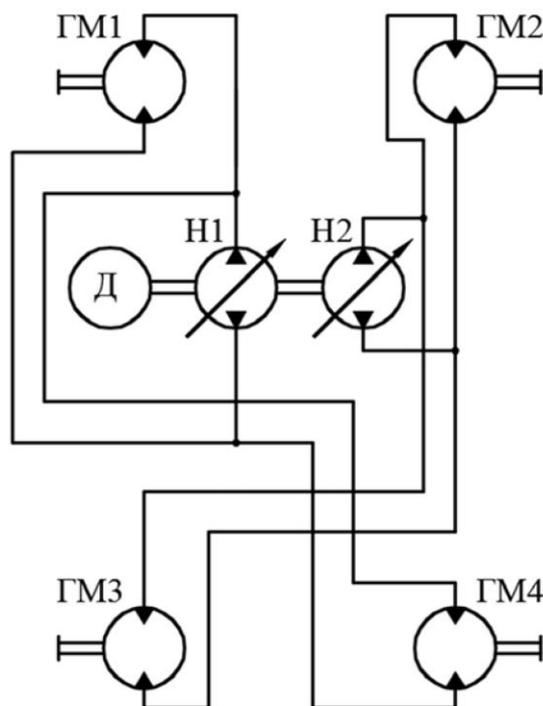


Рисунок 6 - Схема гидрообъемной трансмиссии с двумя насосами перекрестным соединением нерегулируемых гидромоторов: *H1* – насос; *ГМ1*, *ГМ2*, *ГМ3*, *ГМ4* – гидромоторы; *Д* – двигатель

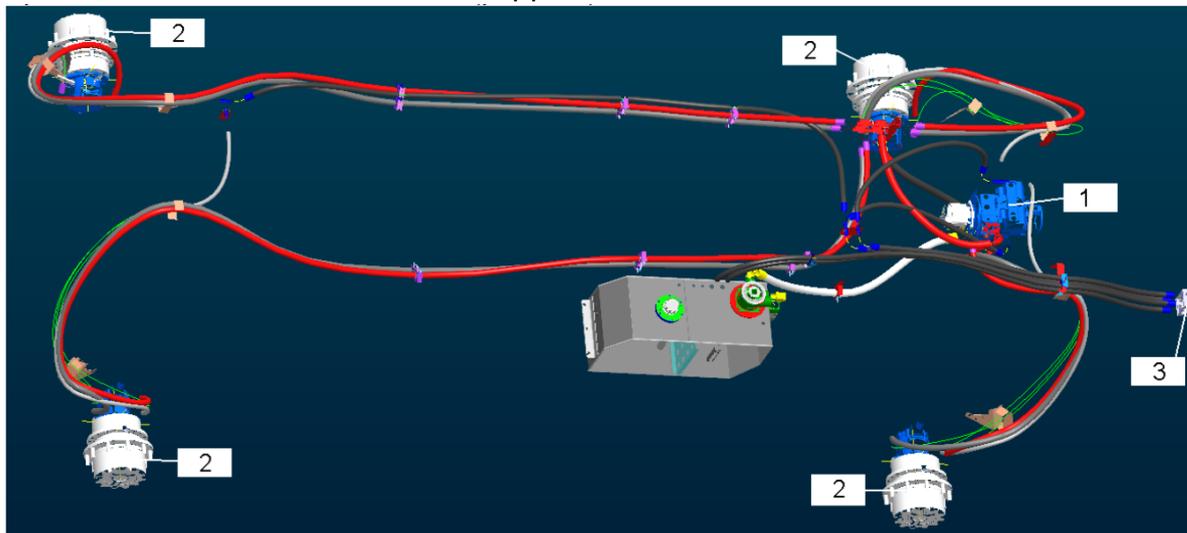


Рисунок 7 - Гидропривод ходовой части опрыскивателя – аналог гидротрансмиссии «Bosch Rexroth» [24]

1-гидронасос; 2–гидромотор-редуктор; 3–блок низкого давления

Выводы.
1. Существует большое разнообразие схем ГСТ мобильных машин. С целью снижения веса опрыскивателей, снижение явления кавитации в насосах лучше использовать гидрообъемные передачи с замкнутой циркуляцией.

2. Обоснованы основные требования к ГСТ самоходных опрыскивателей, исходя из особенностей технологического процесса, полевых условий работы таких как - работа на подъемах и спусках, на склонах, иногда при слабом сцеплении одного или нескольких движителей, возможность переключения режимов работы с технологического на транспортный и наоборот, отключения одного из мостов, возможность межколесной и межосевой блокировки.

3. Анализ рассмотренных схем ГСТ показал: условиям работы опрыскивателей наиболее полно отвечает схема с одним регулируемым насосом, и 4-мя нерегулируемыми гидромоторами, где межколесная и межосевая блокировка колес будет осуществляться пропорциональными клапанами для каждого гидромотора, управляемыми, по сигналам датчиков оборотов колес, электронным блоком управления.

Литература

1. САМОХОДНЫЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЬ 4730. https://daltimbermash.ru/sites/daltimbermash.ru/files/docs/opryskivateli_4730.pdf (Дата обращения 14 апреля 2023 года).

2. ОПРЫСКИВАТЕЛЬ САМОХОДНЫЙ БАРС ОС-4000М. <https://www.pts58.ru/opryskivatel-samohodnyy-bars-os-4000m> (Дата обращения 14 апреля 2023 года).
3. Apache by Equipment technologies (США). <https://www.techsystemskft.com/apache> (Дата обращения 14 апреля 2023 года).
4. Выбор схем и расчет функциональных характеристик гидростатических трансмиссий мобильных машин. / Брилевский О.В., Стецко А. П., Шевченко В. С. // Вестник БНТУ, № 3, 2008. – С. 43-47.
5. Дорошенко, В. А. Объемный гидро- и пневмопривод: учеб. пособие / В. А. Дорошенко. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 196 с.: ил. ISBN 978-5-7996-2572-6
6. Сабуренков С.Е. Расчет параметров элементов гидропривода и подбору гидроагрегатов для гидросистем дорожно-строительных машин: учебно-методические пособие / С.Е. Сабуренков, В.М. Коншин. – М.: МАДИ, 2021. – 64 с.
7. Гидростатические трансмиссии, основы проектирования. <https://gpa.by/index.pl?act=PRODUCT&id=1076> (Дата обращения 6 мая 2023 г.).
8. Использование гидрообъемных трансмиссий в конструкции автотранспортных средств / Курмаев Р.Х., Петров С.Е. // Известия МГТУ «МАМИ» № 2(8), 2009.- С. 108-115.
9. Шухман С.Б., Соловьев В.И., Прочко Е.И. Теория силового привода колес автомобилей высокой проходимости. М., Агробизнесцентр, 2007, 336 с.
10. Шухман С. Б., Лепёшкин А. В., Курмаев Р. Х. Гидрообъемный привод большегрузных полноприводных автомобилей для эксплуатации на грунтах с низкой несущей способностью. Приводная техника, 2007, № 6.
11. Шарипов, В.М. Проектирование механических, гидромеханических и гидрообъемных передач тракторов: учебное пособие / В.М. Шарипов. – М.: Издательство МГТУ МАМИ, 2002 – 300 с.
12. Гидростатическая трансмиссия машин. – <http://www.alphahydraulics.ru/articles/2011/03/21/hst-basics/> (Дата обращения 11 мая 2023 г.).
13. Ильин, А. В. Совершенствование конструктивных параметров гидростатической трансмиссии для колесных лесных машин: специальность 05.21.01 "Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ильин Александр Васильевич. – Екатеринбург, 2005. – 123 с.
14. Лебедев, К. Б. Основы теории гидростатических машин и гидростатических силовых приводов / К. Б. Лебедев. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2020. – 79 р. – ISBN 978-5-7422-7124-6. – DOI 10.18720/SPBPU/2/id20-189.

15. Чжан Ян. Разработка и исследование гидростатической системы с электроприводом насоса: специальность 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/ Чжан Ян. – Санкт-Петербург, 2013. – 137 с.

16. Карелин, Д. Л. Моделирование динамических процессов в гидростатической трансмиссии с объемным делителем потока / Д. Л. Карелин, А. В. Болдырев, С. В. Болдырев // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2019. – № 1(80). – С. 30-41.

17. Гойдо М.Е. Проектирование объемных гидроприводов. - М.: Машиностроение, 2009. - 304 с.

18. Ворожцов, О. В. Тенденции развития гидростатических трансмиссий / О. В. Ворожцов // Вестник Псковского государственного университета – 2019. – № 10. – С. 28-34.

19. Авторское свидетельство № 1630923 А1 СССР, МПК В60W 10/10. Гидростатическая трансмиссия транспортного средства: № 4477461: заявл. 30.08.1988: опубл. 28.02.1991 / А. А. Барковский, А. Н. Шиманович, А. Р. Сухарев; заявитель МИНСКОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "ДОРМАШ". – EDN OITQXT.

20. Патент № 2529111 С1 Российская Федерация, МПК F16H 39/02, В60K 17/10. гидравлическая система машины с гидростатической трансмиссией: № 2013128814/11: заявл. 24.06.2013: опубл. 27.09.2014 / В. А. Коровин, К. В. Коровин; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "Резонанс".

21. Авторское свидетельство № 1608091 А1 СССР, МПК В60К 17/10. Гидростатическая трансмиссия трактора: № 4424490: заявл. 11.05.1988: опубл. 23.11.1990 / Т. А. Сырицын, А. Ю. Аккерман, В. В. Поздняков; заявитель Подмосковский филиал государственного союзного научно-исследовательского тракторного института.

22. Петров В. А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. - М.: Машиностроение, 1988. - 248 с.

23. Гидравлические и пневматические системы транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: учебное пособие / В.В. Буренин, Г.С. Мазлумян, Л.А. Пресняков, Г.О. Трифонова, О.И. Трифонова, Р.В. Чайка. – М.: филиал ФГУП "ЦЭНКИ"-КБТХМ, 2017. – 217 с. ISBN 978-5-7962-0223-4.

24. ОПРЫСКИВАТЕЛЬ ВЫСОКОКЛИРЕНСКИЙ САМОХОДНЫЙ ШТАНГОВЫЙ. / Руководство по эксплуатации ОВС-4224 РЭ. ОАО «Лидагропромаш», г.Лида, Республика Беларусь, - 2015, -235 с.

25. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству:

Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

26. Тенденции развития опрыскивателей и задачи совершенствования методов расчета их параметров и режимов работы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 429-437.

27. Результаты экспериментальных исследований влияния параметров опрыскивателей на формируемый урожай яровой пшеницы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 417-428.

28. Методика планирования эксперимента для определения рациональной ширины захвата, скорости агрегата и срока проведения опрыскивания зерновых культур / Э. П. Утяшев, Н. Р. Залаков, А. А. Нурмиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 409-416.

29. Влияние параметров опрыскивателей на формируемый урожай зерновых культур / Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев, К. А. Хафизов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 402-408.

©Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. 2023

Хафизов Камиль Абдулхакович
доктор технических наук, профессор
Казанский государственный аграрный университет, Казань
fts-kgau@mail.ru

Хафизов Рамиль Наилович
кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
ramilajz@mail.ru

Нурмиев Азат Ахиарович
старший преподаватель
Казанский государственный аграрный университет, Казань
azat-nurmiev@mail.ru

Тагирзянов Тальгат Галимзянович
Заместитель директора ООО Казаньсельмаш

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Аннотация. Статья посвящена разработке математической модели гидростатической трансмиссии самоходных опрыскивателей, позволяющей имитировать работу трансмиссии и подбирать параметры основных агрегатов – гидронасоса и гидромоторов исходя из принятой схемы ГСТ и условий работы опрыскивателя (рельефа поля, характеристик опорной поверхности и др.). Предложены формулы для построения тягово-скоростной характеристики самоходного опрыскивателя и алгоритм для ее анализа на технологическом и транспортном режимах работы. Проведены пробные расчеты для самоходного опрыскивателя весом 100 кН, объемом бака 4000 л, построены зависимости крутящего момента и мощности гидромотора от частоты вращения его вала, а также построена тягово – скоростная характеристика опрыскивателя в виде зависимости касательной силы тяги на его движителях от скорости опрыскивателя на технологическом режиме.

Ключевые слова: Опрыскиватель самоходный, гидростатическая трансмиссия, параметры трансмиссии, математическая модель трансмиссии

Camil A. Khafizov
doctor of technical sciences, professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
fts-kgau@mail.ru

Ramil N. Khafizov,
candidate of technical sciences, associate professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ramilajz@mail.ru

Azat A. Nurmiev

senior lecturer,

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

azat-nurmiev@mail.ru

TalgatG. Tagirzyanov

Deputy Director of Kazanselmash LLC

MATHEMATICAL MODEL OF HYDROSTATIC TRANSMISSION OF SELF-PROPELLED SPRAYERS

Annotation. The article is devoted to the development of a mathematical model of hydrostatic transmission of self-propelled sprayers, which makes it possible to simulate the operation of the transmission and select the parameters of the main units - the hydraulic pump and hydraulic motors based on the adopted GTS scheme and the operating conditions of the sprayer (field relief, characteristics of the supporting surface, etc.). Formulas for constructing the traction-speed characteristics of a self-propelled sprayer and an algorithm for its analysis in the technological and transport modes of operation are proposed. Test calculations were carried out for a self-propelled sprayer weighing 100 kN, a tank volume of 4000 liters, the dependences of the torque and power of the hydraulic motor on the speed of its shaft were constructed, and the traction and speed characteristic of the sprayer was built in the form of a dependence of the tangential thrust force on its propellers on the speed of the sprayer in the technological mode.

Keywords: Self-propelled sprayer, hydrostatic transmission, transmission parameters, mathematical model of tran.

Введение. В настоящее время мировыми производителями самоходных опрыскивателей, часто используются в них гидростатические трансмиссии (ГСТ) [1, 2, 3]. Основными агрегатами ГСТ являются гидронасос и гидромотор. Необходимо разработать математическую модель ГСТ, позволяющую рассчитать параметры указанных агрегатов с использованием накопленного большого теоретического материала [4, 5, 6], с учетом условий работы опрыскивателей и принятой схемы ГСТ [7, 8, 9]. Математическая модель должна позволять проводить тягово-скоростной анализ работы самоходного опрыскивателя [13, 14, 15, 16, 17] и в дальнейшем подбирать агрегаты для управления его нагрузочными и скоростными режимами при изменении условий работы агрегата.

Условия, материалы и методы. Для разработки математической модели самоходных опрыскивателей с ГСТ проведен анализ литературных источников по теории гидрообъемного привода [10, 11, 12]. Составлен алгоритм расчета и компьютерная программа,

позволяющая исследовать работу ГСТ на технологическом и транспортном режимах. Расчеты велись в среде системы компьютерной математики (СКМ) МАТЛАБ.

Результаты и обсуждение. В предыдущей статье мы выявили наиболее полнофункциональную и сравнительно дешевую схему гидростатической трансмиссии для полноприводной мобильной машины, работающей без усилия на крюке, каким и является самоходный опрыскиватель.

Для подбора параметров ГСТ необходимо предварительно обосновать или задаться основными параметрами опрыскивателя. Такими параметрами являются:

- тип двигателя (для опрыскивателя колесный);
- колесная формула (для опрыскивателя обычно 4×4, полный привод);
- эксплуатационный вес опрыскивателя после заправки $G_{\text{экспл}}$, Н;
- конструкционный вес опрыскивателя $G_{\text{констр}}$, Н;
- вес технологической жидкости $G_{\text{жидк}}$, Н;
- объем бака для жидкости $V_{\text{емк}}$, л;
- коэффициент распределения эксплуатационного веса опрыскивателя на ведущие колеса λ ;
- статический радиус колеса R_k , м;
- ширина захвата штанги опрыскивателя B_p , м;
- скорость движения опрыскивателя, км/ч
- максимальная рабочая $V_{\text{раб}}$,
- максимальная транспортная $V_{\text{транс}}$.

Необходимо знать характеристики условий работы самоходного опрыскивателя:

- агрофон поля и его характеристики (чаще стерня);
- максимальный угол уклона поля при выполнении технологической операции α .

Большинство основных параметров самоходного опрыскивателя влияют на величину формируемого урожая, поэтому их выбор необходимо обосновать. Этому будет посвящена одна из следующих статей.

Пока же рассмотрим метод подбора основных агрегатов гидростатической трансмиссии, исходя из того, что основные параметры самоходного опрыскивателя (вес опрыскивателя, ширина захвата штанги, технологическая и транспортные скорости, параметры двигателя и др.) известны. Для этого разработаем математическую модель агрегата, позволяющую анализировать работу гидростатической трансмиссии и самого опрыскивателя в различных условиях выполнения технологической операции по защите растений.

Для обоснования потребной мощности двигателя опрыскивателя, необходимо воспользоваться уравнением тягового баланса.

Для самоходного опрыскивателя сила сопротивления движению рассчитывается по формуле:

$$F_{сопр} = F_f \pm F_\alpha, \quad (1)$$

где F_f – сила сопротивления качению движителя машины;

F_α – сила сопротивления движению по уклону с углом.

Сила сопротивления качению определяется по формуле:

$$F_f = f \cdot G_{экспл} \cdot \cos\alpha, \quad (2)$$

где f – коэффициент сопротивления перекачиванию колес опрыскивателя по заданному агрофону.

Сила сопротивления движению на уклон:

$$F_\alpha = G_{экспл} \cdot \sin\alpha. \quad (3)$$

Из теории тракторов известно, что максимальная касательная сила тяги на его движителях $F_{кас.мах}$ не должна быть больше максимальной силы сцепления колес с опорной поверхностью $F_{сц.мах}$

$$F_{кас.мах} \leq F_{сц.мах}.$$

При установившемся движении агрегата можно записать

$$F_{кас} \geq F_{сопр} = f \cdot G_{экспл} \cdot \cos\alpha + G_{экспл} \cdot \sin\alpha \leq F_{сц.мах} = G_{сц} \cdot \varphi_{мах} \quad (4)$$

где $G_{сц}$ – сцепной вес машины или вес машины, приходящийся на ведущие колеса, Н;

$$G_{сц} = G_{экспл} \cdot \lambda \quad (5)$$

$\varphi_{мах}$ – максимальный коэффициент сцепления колес с грунтом (для колесных машин $\varphi_{мах} \leq 0,8$).

Необходимо правильно выбрать заданное значение коэффициента сцепления колес с почвой $\varphi_{зад}$. Для объемного гидропривода необоснованный рост $\varphi_{зад}$ приводит к увеличению $F_{кас.зад}$, а значит установочной мощности гидромашин, веса и стоимости гидропередачи.

Для сельхозмашин, работающих без крюкового усилия (опрыскиватели, разбрасыватели минеральных удобрений и др.) исходя из формул (4) и (5):

$$\varphi_{зад} = (1/\lambda)(f \cdot \cos\alpha + \sin\alpha) \leq \varphi_{мах}. \quad (6)$$

Заданную касательную силу тяги рассчитываем по формуле:

$$F_{кас.зад} = G_{экспл} \cdot \lambda \cdot \varphi_{зад}. \quad (7)$$

Тогда, для установившегося режима выполнения технологической операции, можно рассчитать мощность двигателя, потребную для движения опрыскивателя и привода ВОМ воспользовавшись формулой:

$$N_{е.н.} = (F_{кас} \cdot V_{раб})/\eta_{тр} + p \cdot V_{раб} \cdot V_p \cdot H / 3,6 \cdot 10^4 \eta_{нас} \cdot \eta_{ВОМ}, \quad (8)$$

где $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии; p – давление, создаваемое насосом подачи жидкости на штанги опрыскивателя, МПа; H – норма внесения ядохимиката, л/га; $\eta_{нас}$ – КПД насоса опрыскивателя; $\eta_{ВОМ}$ – КПД вала отбора мощности (ВОМ) опрыскивателя.

Для расчета параметров гидростатической трансмиссии необходимо выбрать схему гидропривода. Исходя из функционального

назначения самоходного опрыскивателя – перемещение, без тягового усилия на крюке, по обработанным полям, иногда со сложным рельефом, необходимости работы на склонах, выбираем полный привод на 4 колеса, с возможностью отключения одного моста на транспортных режимах для перемещения по дорогам с твердой поверхностью. Наиболее приемлемой, с точки зрения выполнения функционального назначения и стоимости, будет привод с регулируемым насосом и нерегулируемыми гидромоторами. Схема приведена на рисунке 1.

При параллельном подключении гидромоторов связь между ними дифференциальная. Для блокировки этой связи в гидросистеме используются делители потока дроссельного или объемного типов. Однако использование делителей потока приводит к увеличению потерь в гидросистеме и, соответственно, к снижению КПД гидропередачи. Вопросам повышения проходимости самоходных опрыскивателей будет посвящена отдельная статья.

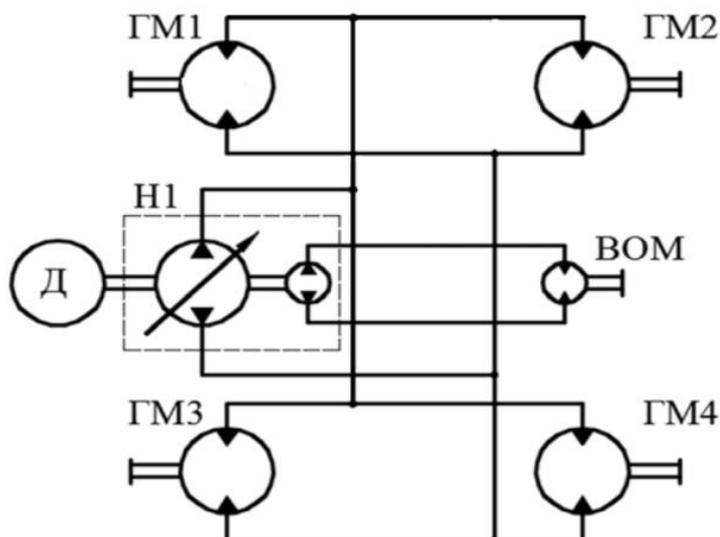


Рисунок 1 - Схема гидрообъемной трансмиссии с одним регулируемым насосом H на базе нерегулируемых гидромоторов $ГМ$ с приводом вала отбора мощности $ВОМ$ и двигателем $Д$

В качестве гидромоторов в нашей схеме будут использоваться высокомоментные моторы, встроенные непосредственно в колеса.

Алгоритм расчетов параметров агрегатов гидропривода следующий:

1. Рассчитаем максимальную касательную силу тяги опрыскивателя

$$F_{кас.мах} = G_{экспл} \cdot \lambda \cdot \varphi_{зад}, \quad (9)$$

где $\varphi_{зад}$ - заданный максимальный коэффициент сцепления колес с почвой из условия обеспечения движения машины в заданных тяжелых условиях (поле, подготовленное под посев $f = 0,14$, уклон местности 20°);

2. Рассчитываем минимальную касательную силу тяги $F_{кас.мин}$, ограниченную мощностью двигателя N_e опрыскивателя, при максимальной транспортной скорости $V_{транс}$ по формуле

$$F_{кас.мин} = \frac{N_e \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{движ} \cdot \eta_{\delta}}{V_{транс}}, \quad (10)$$

где $\eta_{тр}, \eta_{движ}, \eta_{\delta}$ - соответственно КПД трансмиссии, движителя и затраты мощности на буксование.

3. Рассчитываем диапазон силового регулирования трансмиссии по формуле

$$D_{сил} = \frac{F_{кас.макс}}{F_{кас.мин}} = \frac{G_{экспл} \cdot \lambda \cdot \varphi_{зад} \cdot V_{транс}}{N_e \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{движ} \cdot \eta_{\delta}}. \quad (11)$$

Силовой диапазон регулирования гидропередачи $D_{с.зн}$ необходимо связать с силовым диапазоном регулирования насоса и гидромотора

$$D_{с.зн} = D_{с.н} \cdot D_{с.зм} = \frac{1}{\xi_{н(p(макс))} \cdot \xi_{гм(мин)}}, \quad (12)$$

где $D_{с.н}$ - силовой диапазон регулирования насоса; $D_{с.зм}$ - силовой диапазон регулирования гидромотора; $\xi_{н(p(макс))}$ - параметр регулирования насоса при максимальном давлении рабочей жидкости в гидропередаче - $\Delta p_{макс}$; $\xi_{гм(мин)}$ - параметр регулирования гидромотора (т. е. $\xi_{гм}$, при котором объем гидромотора минимален.

4. Проводим расчет максимальной частоты вращения ведущих колес опрыскивателя, об/мин

$$n_{к_макс} = 1000 V_{транс} / (376,8 R_k (1 - \delta)), \quad (13)$$

δ – буксование колес опрыскивателя.

5. Определяем величину максимального крутящего момента на ведущих колесах, кН·м

$$M_{к_макс} = F_{кас.макс} \cdot R_k, \quad (14)$$

6. Вычисляем передаточного отношения колесного редуктора опрыскивателя $i_{ргм}$

$$i_{ргм} = n_{гм_макс} / n_{к_макс}, \quad (15)$$

$i_{ргм}$ – передаточное отношение редуктора гидромотора;

7. Проводим расчет максимального крутящего момента на валу гидромотора, кН·м

$$M_{гм_макс} = M_{к_макс} / (N_e \cdot i_{ргм} \cdot \eta_{ргм}) \quad (16)$$

8. Выбираем гидромотор по величине необходимого рабочего объема

$$V_{\text{гм}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot G_{\text{сц}} \cdot \varphi_{\text{зад}} \cdot R_{\text{к}}}{N_{\text{г}} \cdot \xi_{\text{гм}} \cdot i_{\text{ргм}} \cdot \eta_{\text{ргм}} \cdot \Delta p_{\text{max}} \cdot \eta_{\text{гм(гм)}}}, \quad (17)$$

где $N_{\text{г}}$ – число гидромоторов в трансмиссии, шт; $\eta_{\text{ргм}}$ – КПД редуктора гидромотора; Δp_{max} – максимальный перепад давления на входе и выходе гидромотора; $\eta_{\text{гм(гм)}}$ – гидромеханический КПД гидромотора.

9. Уточняем фактический перепад давления гидромотора $\Delta p_{\text{гм}}$ после выбора из справочников марки гидромотора если $V_{\text{гм.факт}} > V_{\text{гм}}$, то $\Delta p_{\text{гм}} = \Delta p_{\text{гм.макс}} V_{\text{гм}} / V_{\text{гм.факт}}$.

10. Рассчитываем необходимый объем гидронасоса

$$V_{\text{н(расч)}} = \frac{N_{\text{г}} \cdot V_{\text{гм}} \cdot D_{\text{с(н)}} \cdot i_{\text{ргм}} \cdot i_{\text{рн}} \cdot V_{\text{раб}}}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{к}} \cdot D_{\text{с(гм)}} \cdot \eta_{\text{об.н}} \cdot \eta_{\text{об.гм}} \cdot (1 - \delta)}, \quad (18)$$

где $i_{\text{рн}}$ – передаточное отношение редуктора насоса; $\eta_{\text{об.н}} \eta_{\text{об.гм}}$ – объемное КПД насоса и гидромотора соответственно.

Подбираем насос с необходимыми параметрами, уточняем фактический объем гидронасоса $V_{\text{н.факт}}$.

Предложенные зависимости позволяют подобрать основные агрегаты гидростатической трансмиссии и провести тягово – скоростное исследование самоходного опрыскивателя. Силовые и нагрузочные характеристики самоходного опрыскивателя изменяются за счет задания параметра регулирования насоса. Если на рабочем режиме ведущими являются оба моста, то переход на транспортный режим будет осуществляться за счет отключения одного из мостов.

Для построения тягово-скоростной характеристики самоходного опрыскивателя необходимо рассчитывать текущие значения касательной силы тяги $F_{\text{кас.и}}$ и скорости агрегата V_{pi} при изменении параметра регулирования насоса по формулам

$$V_{\text{pi}} = \frac{7.2 \pi V_{\text{н.факт}} \cdot n_{\text{дв}} \cdot R_{\text{к}} \cdot D_{\text{с(гм)}} \cdot \eta_{\text{об.н}} \cdot \eta_{\text{об.гм}} \cdot (1 - \delta)}{60 \cdot N_{\text{г}} \cdot V_{\text{гм.факт}} \cdot D_{\text{с(н)}} \cdot i_{\text{ргм}} \cdot i_{\text{рн}}}, \quad (19)$$

$$F_{\text{кас.и}} = \frac{3,6 \cdot (N_{\text{ен}} - N_{\text{вом}}) \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot (1 - \delta)}{V_{\text{i}}}. \quad (20)$$

На рисунках 2 и 3 представлен пример результата расчета по предлагаемой модели гидростатической трансмиссии самоходного опрыскивателя весом 100 кН, объемом бака 4000 л.

Из рисунка 2 видно, что крутящий момент на валу гидромотора постоянен, мощность растет по мере увеличения объема подаваемой насосом жидкости.

Из рисунка 3 видим, что касательная сила тяги на колесах и скорость агрегата находятся в гиперболической зависимости. По мере бесступенчатого и плавного роста скорости агрегата, касательная сила

тяги снижается. Максимальное значение касательной силы тяги ограничивается предохранительным клапаном, отрегулированным на максимальное давление.

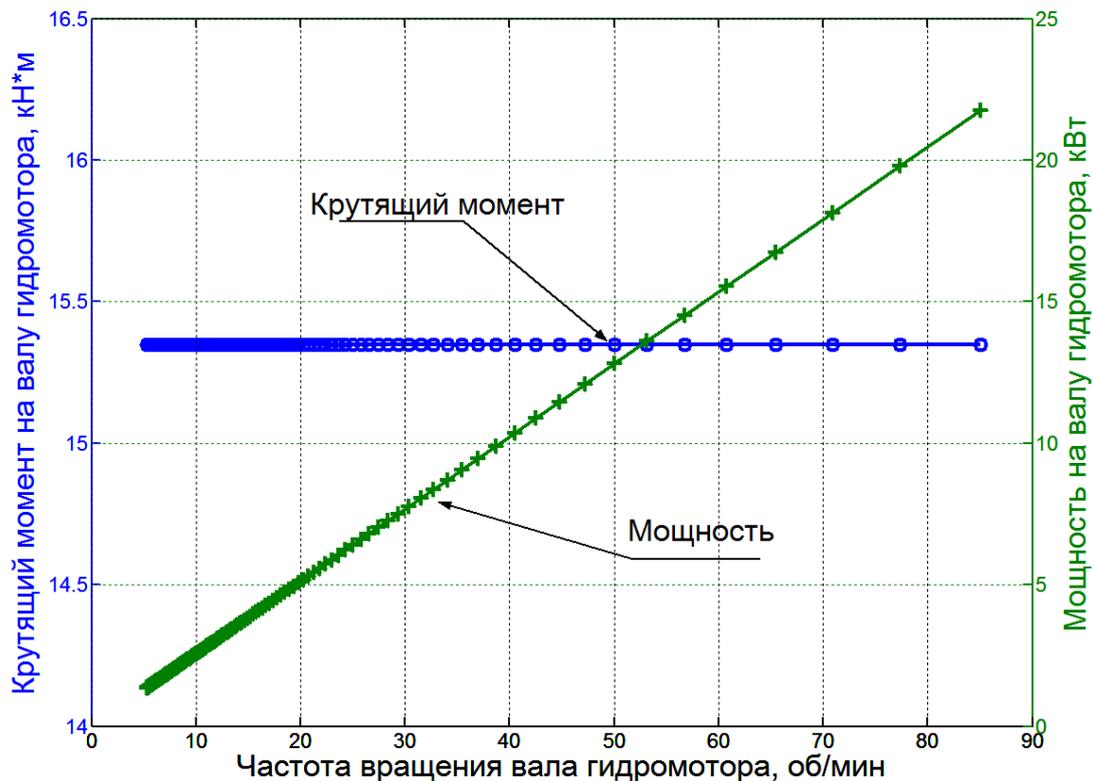


Рисунок 2 – Зависимость крутящего момента и мощности гидромотора от частоты вращения его вала

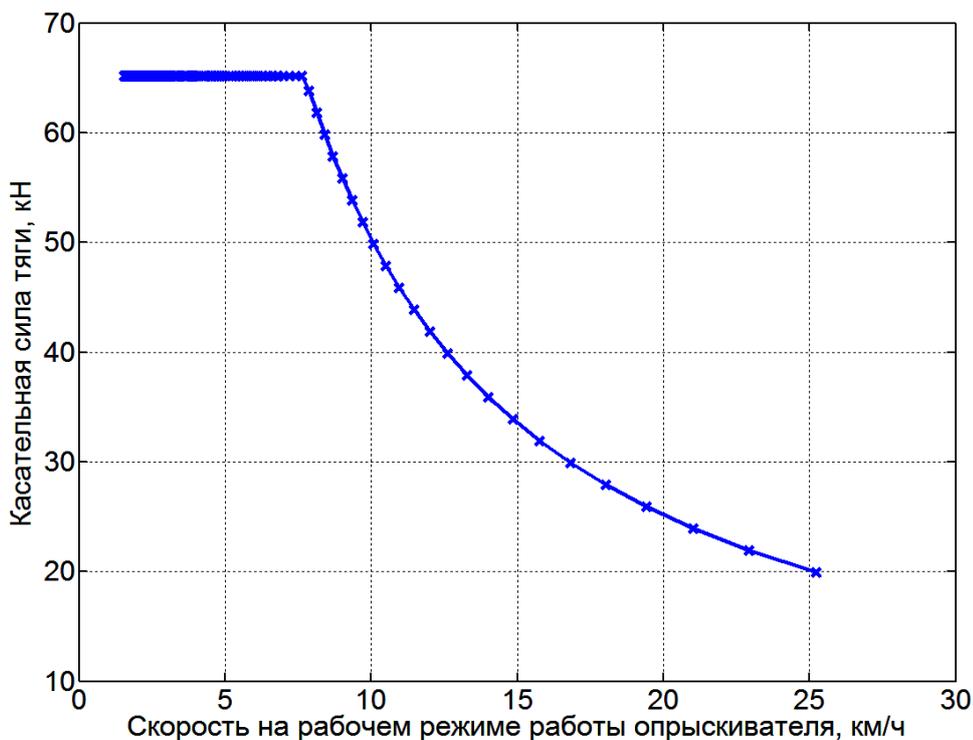


Рисунок 3 – Зависимость касательной силы тяги на движителях от скорости опрыскивателя на технологическом режиме
Выводы.

1. Выявлены и обоснованы основные параметры самоходного опрыскивателя, выбраны характеристики условий его работы, необходимые для разработки математической модели ГСТ.

2. Разработана математическая модель ГСТ для подбора основных параметров ее гидроагрегатов (гидронасоса и гидромоторов), составлен алгоритм расчета тягово-скоростной характеристики самоходного опрыскивателя.

3. Согласно принятой схемы ГСТ, подобраны типы гидроагрегатов (регулируемый насос и 4 нерегулируемых, высокомоментных гидромотора). В ходе вычислительного эксперимента выявлено, что крутящий момент на валу гидромотора постоянен, мощность растет по мере увеличения объема подаваемой насосом жидкости (увеличения частоты вращения вала гидромотора), касательная сила тяги на колесных движителях и скорость агрегата находятся в гиперболической зависимости. По мере бесступенчатого и плавного роста скорости агрегата, касательная сила тяги снижается. Максимальное значение касательной силы тяги ограничивается предохранительным клапаном, отрегулированным на максимальное давление в гидравлической системе ГСТ.

Литература

1. САМОХОДНЫЙ ОПРЫСКИВАТЕЛЬ 4730.
https://daltimbermash.ru/sites/daltimbermash.ru/files/docs/opryskivateli_4730.pdf (Дата обращения 14 апреля 2023 года).
2. ОПРЫСКИВАТЕЛЬ САМОХОДНЫЙ БАРС ОС-4000М.
<https://www.pts58.ru/opryskivatel-samohodnyy-bars-os-4000m> (Дата обращения 14 апреля 2023 года).
3. Apache by Equipment technologies (США).
<https://www.techsystems.kft.com/apache> (Дата обращения 14 апреля 2023 года).
4. Петров В. А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. - М.: Машиностроение, 1988. - 248 с.
5. Башта Т. М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. - М.: Машиностроение, 1974. - 606 с.
6. Справочное пособие по гидравлике, гидравлическим машинам и гидроприводам/ Я. М. Вильнер, Ю. А. Беленков, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов; Под общей редакцией Б. Б. Некрасова. - Мн.: Высшая школа, 1985. - 382 с.
7. Выбор схем и расчет функциональных характеристик гидростатических трансмиссий мобильных машин. / Брилевский О. В., Стецко А. П., Шевченко В. С. // Вестник БНТУ, № 3, 2008. – С. 43-47.
8. Дорошенко, В. А. Объемный гидро- и пневмопривод: учеб. пособие / В. А. Дорошенко. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 196 с.: ил. ISBN 978-5-7996-2572-6

9. Сабуренков С.Е. Расчет параметров элементов гидропривода и подбору гидроагрегатов для гидросистем дорожно-строительных машин: учебно-методические пособие / С.Е. Сабуренков, В.М. Коншин. – М.: МАДИ, 2021. – 64 с.
10. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы: учебное пособие/ А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М.: ФОРУМ, 2007. – 304 с. – ISBN 978-5-91134-128-2.
11. Черноволов, В.А. Гидропневмопривод сельскохозяйственной техники: [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Черноволов, А.Ю. Несмиян, В.В. Должиков. – Электрон. дан. – зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2020. – 76 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.
12. Исаев, Ю.М. Гидравлика и гидропневмопривод [Текст]: учебник / Ю.М. Исаев. – М.: Академия, 2019. – 224 с.
13. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
14. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
15. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.
16. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.

17. Тенденции развития опрыскивателей и задачи совершенствования методов расчета их параметров и режимов работы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 429-437.

18. Результаты экспериментальных исследований влияния параметров опрыскивателей на формируемый урожай яровой пшеницы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 417-428.

19. Методика планирования эксперимента для определения рациональной ширины захвата, скорости агрегата и срока проведения опрыскивания зерновых культур / Э. П. Утяшев, Н. Р. Залаков, А. А. Нурмиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 409-416.

20. Влияние параметров опрыскивателей на формируемый урожай зерновых культур / Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев, К. А. Хафизов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 402-408. – EDN NJKHYX.

21. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

© Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. 2023.

Хафизов Камиль Абдулхакович

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

fts-kgau@mail.ru

Хафизов Рамиль Наилович

кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ramilajz@mail.ru

Нурмиев Азат Ахиарович

старший преподаватель

Казанский государственный аграрный университет, Казань

azat-nurmiev@mail.ru

Тагирзянов Тальгат Галимзянович

Заместитель директора ООО Казаньсельмаш

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ САМОХОДНЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА ФОРМИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Аннотация. Статья посвящена оптимизации параметров самоходных опрыскивателей с гидростатической трансмиссией таких как вес опрыскивателя, ширина захвата штанги опрыскивателя, емкость его бака, диаметр и ширину профиля колесных движителей, мощность двигателя и др. Критерием оптимизации названных параметров являются суммарные энергетические затраты, учитывающего и энергию урожая, теряемого из-за неправильно выбранных параметров и режимов работы агрегата. Разработана компьютерная программа, позволяющая рассчитать основные параметры самоходного опрыскивателя для заданных условий его работы. Проведены вычислительные эксперименты. Для заданных условий работы опрыскивателя оптимальными являются параметры: вес опрыскивателя 76,2 кН; мощность двигателя опрыскивателя 198,15 л.с.; ширина захвата опрыскивателя $V_{opt}=36$ м; скорость агрегата $V_{opt}=20$ км/ч; объем емкости бака опрыскивателя $V_{емkopt}=5000$ л; диаметр колеса опрыскивателя $D_k=1,778$ м; ширина шины колеса опрыскивателя $B_{dvigit}=0,2$ м; коэффициент распределения веса опрыскивателя на его колеса $\lambda_{u,m_opt}=0.5$. Минимальные суммарные энергетические затраты при оптимальных параметрах опрыскивателя $E_{min}=1783,6$ МДж/га. Энергонасыщенность рассчитанного опрыскивателя находится в пределах, свойственных опрыскивателям мировых производителей и равна 25,98 л.с./т. Оптимальное отношение веса опрыскивателя к ширине захвата равно 212 кг/м и удельный вес на единицу объема емкости равный 1,52 кг/л меньше, чем у мировых производителей. При

конструировании самоходных опрыскивателей, необходимо стремиться к этим цифрам, обеспечивающим минимальные потери потенциального урожая и суммарных энергетических затрат.

Ключевые слова: Опрыскиватель самоходный, гидростатическая трансмиссия, параметры опрыскивателя, оптимизация, потери урожая

Camil A. Khafizov

doctor of technical sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

Ramil N. Khafizov,

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ramilajz@mail.ru

Azat A. Nurmiev

senior lecturer,

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

azat-nurmiev@mail.ru

TalgatG. Tagirzyanov

Deputy Director of Kazanselmash LLC

SUBSTANTIATION OF THE MAIN PARAMETERS OF SELF-PROPELLED SPRAYERS, TAKING INTO ACCOUNT THE IMPACT ON THE FORMED CROP

Abstract. The article is devoted to the optimization of the parameters of self-propelled sprayers with hydrostatic transmission, such as the weight of the sprayer, the width of the sprayer boom, the capacity of its tank, the diameter and width of the profile of wheel propellers, engine power, etc. A computer program has been developed that allows you to calculate the main parameters of a self-propelled sprayer for the given conditions of its operation. Computational experiments were carried out. For the given operating conditions of the sprayer, the following parameters are optimal: the weight of the sprayer is 76,2 kN; sprayer engine power 198,15 hp; B_{opt} sprayer working width =36 m; V_{opt} unit speed=20 km/h; the volume of the tank capacity of the sprayer V_{emkopt} =5000 l; diameter of the sprayer wheel D_k = 1,778 m; width of the tire of the wheel of the sprayer B_{dvigit} =0,2 m; The coefficient of distribution of the weight of the sprayer on its wheels $\lambda_{c.t.}_{opt}$ =0,5. The minimum total energy consumption with the optimal parameters of the sprayer E_{min} =1783,6 MJ/ha. The energy saturation of the calculated sprayer is within the limits characteristic of sprayers of world manufacturers and is equal to 25,98 hp/t. The optimal ratio of the weight of the sprayer to the working width is equal to 212 kg/m and the specific gravity per unit volume of the tank equal to 1,52 kg/l is less than that of world manufacturers. When designing self-propelled sprayers, it is necessary to

strive for these figures, ensuring minimal losses of potential yield and total energy costs.

Keywords: Self-propelled sprayer, hydrostatic transmission, sprayer parameters, optimization, yield losses

Введение. При обосновании параметров прицепных и самоходных опрыскивателей [1...3] используют частные критерии оптимизации, не связанные с формируемой урожайностью культур [4...6]. Оптимизируются в основном ширина захвата агрегата и емкость бункера [7...9]. С использованием предлагаемого нами критерия оптимизации – суммарные энергетические затраты [10, 11], учитывающего и энергию урожая, теряемого из-за не оптимальных параметров и режимов работы, нами разработана математическая модель опрыскивателей [12, 13], позволяющая проводить оптимизацию таких параметров как ширина захвата опрыскивателя, емкость его бака, диаметр и ширину профиля колесных движителей, мощность двигателя и др. Разработана компьютерная программа, позволяющая рассчитать основные параметры самоходного опрыскивателя для заданных условий его работы.

Условия, материалы и методы. Обоснование оптимальных параметров самоходного опрыскивателя проводилось для заданных условий работы, путем вычислительных экспериментов на основе использования математической модели самоходного опрыскивателя, составленного по критерию оптимизации – удельные суммарные энергетические затраты на один гектар опрыскиваемой площади, как сумма удельной энергии, затраченной на изготовление техники, на техническое обслуживание и ремонт, на управление агрегатом, через топливо и смазочные материалы и энергии урожая, теряемой из-за нарушения сроков опрыскивания, вытаптывания части посевов на гоне и поворотных полосах и уплотнения почвы. Программа составлена в системе компьютерной математики МАТЛАБ. Опрыскиватель самоходный с гидростатической трансмиссией [14-17]

Результаты и обсуждение. Расчеты проведены для типичных условий работы опрыскивателей.

Исходные данные для расчета:

Поворот агрегата в пределах поля;

Площадь поля $F_{поля} = 20$ га;

Длина гона $l_{гона} = 1$ км;

Расстояние переезда $l_{пер} = 3$ км;

Коэффициент прочности несущей поверхности поля $Q_1 = 0,9$;

Объем работы $Q = 1000$ га;

Культура – Яровая пшеница;

Число сорняков на поле = 50 шт/м²;

Число опрыскивателей, занятых на операции $N_{опр} = 1$ шт;

Продолжительность рабочего дня $T_{dnev} = 14$ ч;
Планируемая урожайность культуры $YP = 40$ ц/га;
Норма внесения ядохимикатов $HЗ = 150$ л/га;
Давление насоса $P_{nasosa} = 2$ МПа;
Давление воздуха в шинах $P_w = 0,2$ МПа;
Число колес на одном борту моста $Z_k = 1$ шт;
Коэффициент сцепления колес с почвой $K_{scep} = 0,5$;
Коэффициент сопротивления перекачиванию колес $f_{perek} = 0,1$;
Плотность почвы $\rho_z = 1300$ кг/м³;
Твердость почвы $H = 1800000$ Па;
Плотность ядохимиката $Plotn_ghidk = 1$ кг/л;
Угол уклона поля $Ugol_yklona = 5^\circ$;
КПД вала отбора мощности $\eta_{vom} = 0,86$;
КПД насоса опрыскивателя $\eta_{nasosa_opr} = 0,87$;
КПД трансмиссии опрыскивателя $\eta_{transm_opr} = 0,84$;
Максимально возможный вес опрыскивателя 200 кН;
Максимально возможная мощность двигателя 500 л.с.;
Максимально возможная скорость опрыскивателя 20 км/ч;
Максимально возможная ширина захвата штанги 36 м;
Максимально возможный диаметр колеса опрыскивателя 2 м;
Максимальная ширина профиля движителя 0,8 м;
Максимально возможный объем емкости опрыскивателя 5000 л.

Ниже приведены результаты вычислительного эксперимента по оптимизации параметров опрыскивателя для заданных условий работы [18-23].

Результаты расчетов:

Оптимальный вес опрыскивателя 76,2 кН;
Оптимальная мощность двигателя опрыскивателя 198,15 л.с.;
Оптимальная ширина захвата опрыскивателя $V_{opt} = 36$ м;
Оптимальная скорость агрегата $V_{opt} = 20$ км/ч;
Оптимальный объем емкости бака опрыскивателя $V_{emkopt} = 5000$ л;
Оптимальный диаметр колеса опрыскивателя $D_k = 1,778$ м;
Оптимальная ширина шины колеса опрыскивателя $B_{dvigit} = 0,2$ м;
Оптимальный коэффициент распределения веса опрыскивателя на его колеса $\lambda_{u.m.}_{opt} = 0,5$

Минимальные суммарные энергетические затраты при оптимальных параметрах опрыскивателя $E_{min} = 1783,6$ МДж/га.

Как видно из результатов вычислительных экспериментов минимальные суммарные энергетические затрат в размере 1783,6 МДж/га получаются при минимальном допустимом значении веса опрыскивателя равного 76,2 кН. Увеличение веса опрыскивателя, как видно из рисунка 1 приводит к росту суммарных энергетических затрат, связанных с повышением уплотнения почвы. Оптимальное значение мощности двигателя равно 198,15 л.с. Энергонасыщенность

опрыскивателя равна 25,98 л.с./т, что находится в диапазоне этого показателя у существующих опрыскивателей от 17 (Maestria 23-45-Франция) до 32 л.с./т (ЗРРYZ 3000-240-Китай). Установка более мощного двигателя приводит к повышению суммарных энергетических затрат, связанных с повышением погектарного расхода топлива.

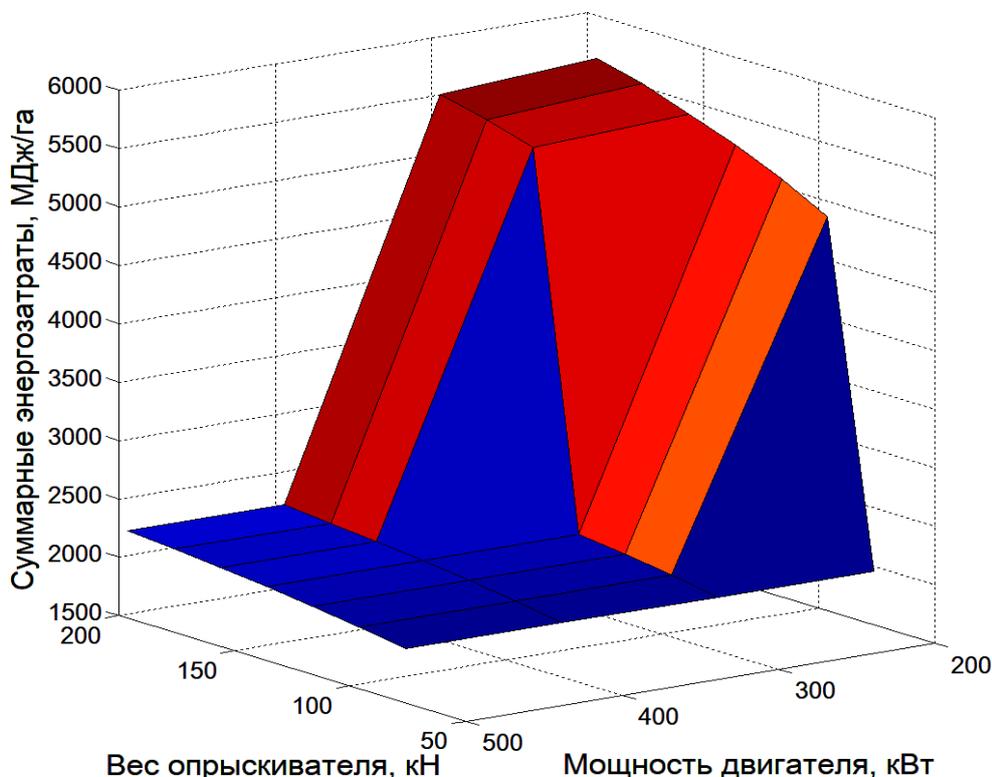


Рисунок 1 – Изменение суммарных энергетических затрат в зависимости от веса опрыскивателя и мощности его двигателя

Из результатов расчета веса опрыскивателя ясно, что его необходимо делать минимальным, но с условием обеспечения требуемой прочности конструкции. Снижение веса возможно за счет использования новых материалов, обладающих достаточной прочностью и минимальной плотностью. Поэтому в современных опрыскивателях используют пластмассы, стеклопластик, алюминий и др. материалы для изготовления баков, кабины, штанги и других деталей.

Из рисунка 2 наглядно видно, что минимальные суммарные энергетические затраты получаются при максимально возможной ширине захвата штанги опрыскивателя, в наших расчетах это 36 м. Необходимо отметить, что влияние ширины захвата на суммарные энергетические затраты, более интенсивное, чем влияние скорости агрегата. Оптимальная скорость агрегата равна максимально возможной скорости в 20 км/ч. При этом допускалось, что в пределах изменения скорости от 5 до 20 км/ч качество выполнения технологической операции не меняется. Более интенсивное влияние ширины захвата штанги опрыскивателя, нежели скорости агрегата

объясняется тем, что с ростом ширины захвата резко снижается количество теряемого урожая, как из-за вытапывания посевов движителями, так и уплотнения почвы. Оптимальное отношение веса опрыскивателя к ширине захвата в нашем случае равно 212 кг/м, тогда как у мировых производителей этот показатель колеблется в пределах от 238 (AS1250 - США) до 381 кг/м (John Deere 4730 - США).

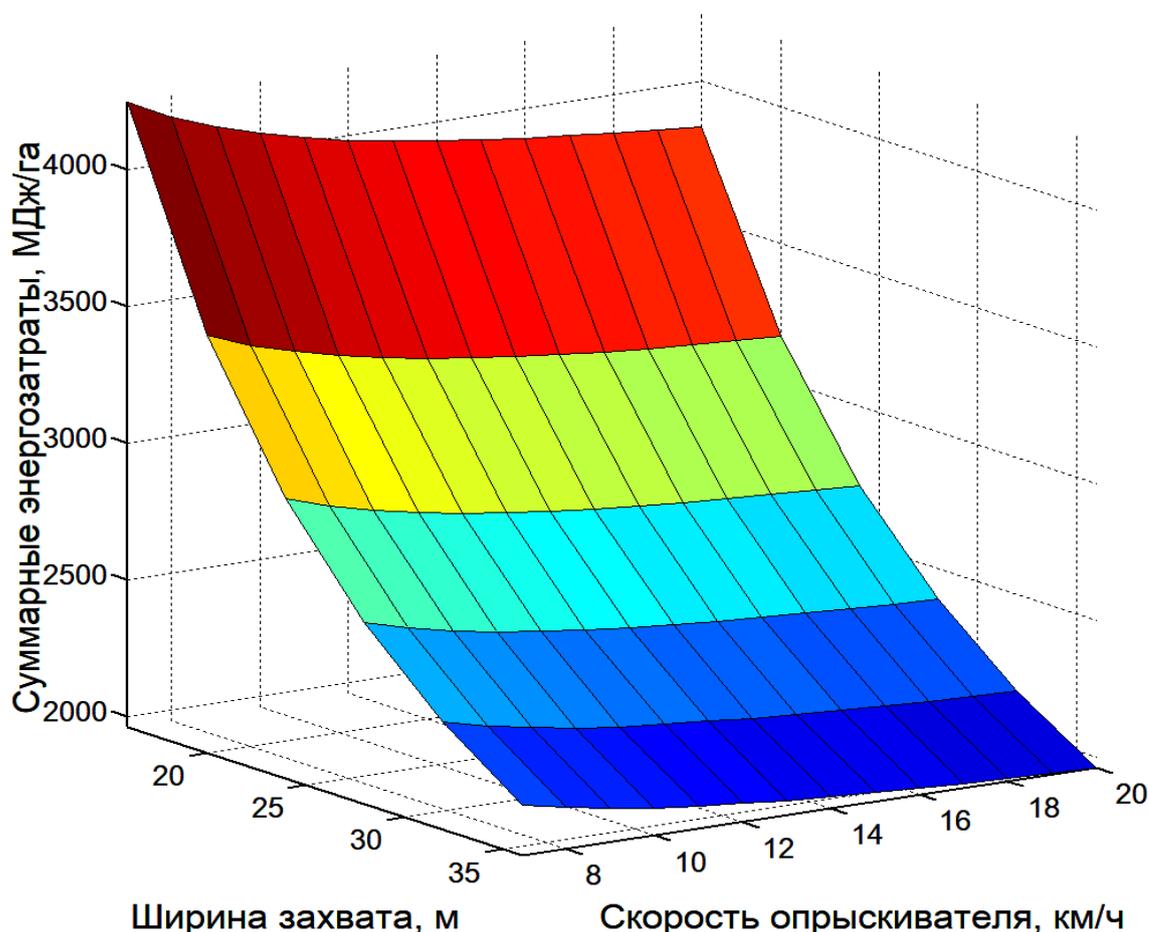


Рисунок 2 – Изменение суммарных энергетических затрат в зависимости от ширины захвата и скорости опрыскивателя

Значительное влияние на суммарные энергетические затраты при работе опрыскивателя оказывают параметры движителя. Как видно из рисунка 3 снижение ширины профиля колесного движителя от 0,8 до 0,2 м, снижает суммарные энергетические затраты на один га выполненной работы с 4800 до 1780 МДж/га, т.е. почти в 3 раза. С ростом диаметра колеса суммарные энергетические затраты также снижаются, но не так интенсивно, как при снижении ширины ее профиля. Более интенсивное влияние ширины профиля на удельные суммарные энергозатраты объясняется снижением площади поля, которое вытапывается, при этом, соответственно, снижаются и потери урожая. Рост диаметра колеса снижает уплотняющее воздействие движителей на почву. Подбор шин для движителей необходимо

проводить с учетом их несущей способности и соответственно допустимого давления в шинах, зависящего от вертикальной нагрузки на отдельный движитель.

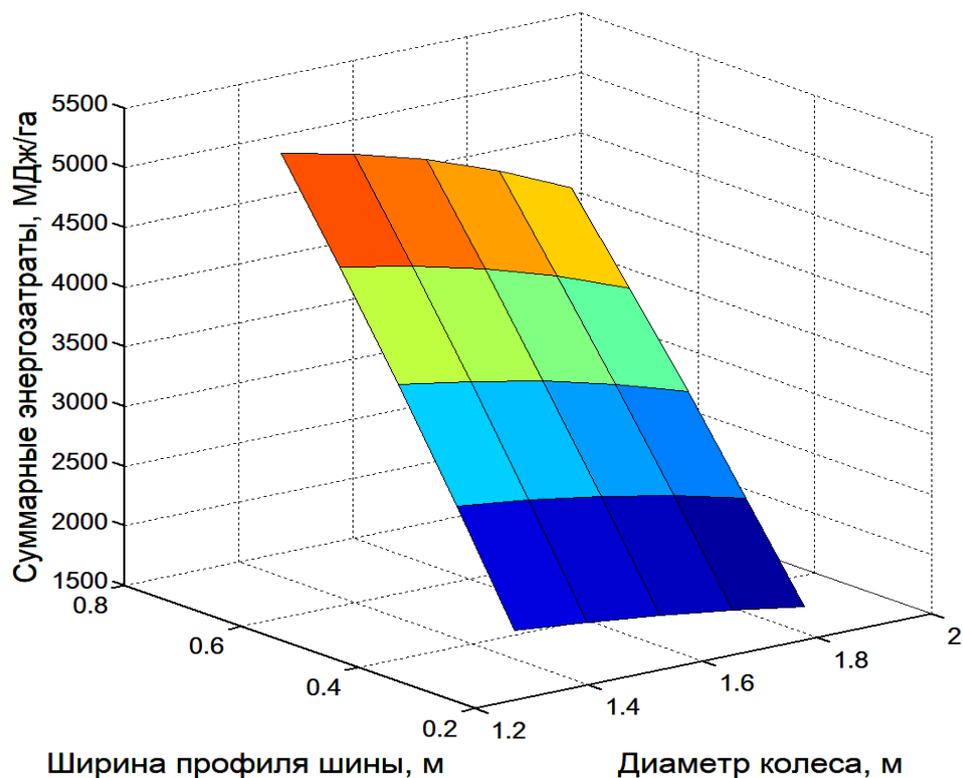


Рисунок 3 – Изменение суммарных энергетических затрат в зависимости от ширины профиля шины и диаметра колеса опрыскивателя

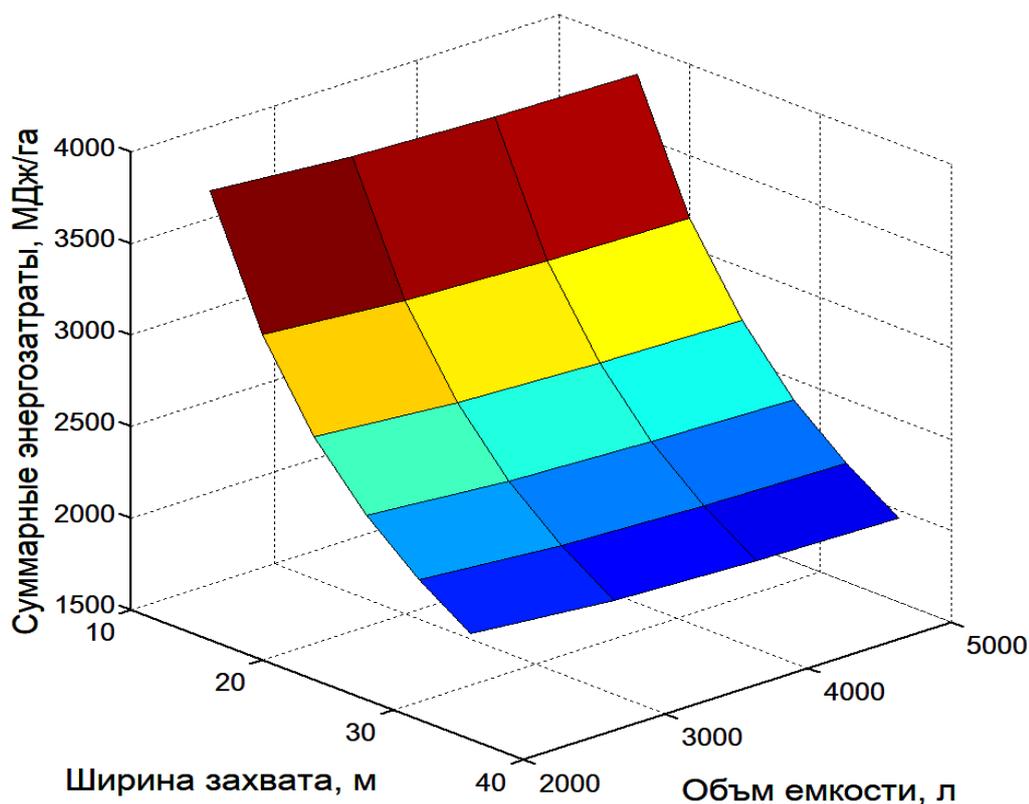


Рисунок 4 – Изменение суммарных энергетических затрат в зависимости от ширины захвата штанги и объема емкости опрыскивателя

В предыдущей статье мы выяснили, что минимальным удельным весом на единицу объема емкости обладает самоходный опрыскиватель китайского производства 3WPYZ 3000-240, который равен 1,88 кг/л. Максимальный удельный вес у опрыскивателя из США John Deere 4730, равный 3,4 кг/л. У остальных производителей удельный вес колеблется между этими значениями.

В наших расчетах минимальный удельный вес на единицу объема оптимальной емкости в 5000 л получился равным 1,52 кг/л, что меньше даже чем у опрыскивателя 3WPYZ 3000-240. Однако, из рисунка 4 видно, что влияние объема опрыскивателя на суммарные энергетические затраты не столь значительно, как, допустим, ширины захвата штанги или ширины профиля движителя. Поэтому при выборе объема емкости всегда возможен компромисс.

Выводы.

1. Вычислительные эксперименты с использованием энергетической математической модели самоходных опрыскивателей, составленной с учетом влияния параметров опрыскивателя на формируемый урожай показали, что имеется оптимальное сочетание веса опрыскивателя, мощности его двигателя, ширины захвата штанги, скорости агрегата, диаметра колеса движителя, ширины его профиля и

объема емкости, обеспечивающих минимальные суммарные энергетические затраты.

2. Для принятых, при проведении вычислительных экспериментов, условий работы опрыскивателя выявлены оптимальные значения параметров: вес опрыскивателя 76,2 кН; мощность двигателя опрыскивателя 198,15 л.с.; ширина захвата опрыскивателя $V_{opt}=36$ м; скорость агрегата $V_{opt}=20$ км/ч; объем емкости бака опрыскивателя $V_{емкоpt}=5000$ л; диаметр колеса опрыскивателя $D_k=1,778$ м; ширина шины колеса опрыскивателя $B_{dvigit}=0,2$ м; коэффициент распределения веса опрыскивателя на его колеса $\lambda_{ц.м.}_{opt}=0,5$.

Минимальные суммарные энергетические затраты при оптимальных параметрах опрыскивателя $E_{min} = 1783.6$ МДж/га.

3. Энергонасыщенность рассчитанного опрыскивателя находится в пределах, свойственных опрыскивателям мировых производителей и равна 25,98 л.с./т. Оптимальное отношение веса опрыскивателя к ширине захвата равно 212 кг/м и удельный вес на единицу объема емкости равно 1,52 кг/л меньше, чем у мировых производителей. При конструировании самоходных опрыскивателей, необходимо стремиться к этим цифрам, обеспечивающим минимальные потери потенциального урожая и суммарных энергетических затрат.

Литература

1. Обоснование технических и конструктивных параметров опрыскивателя телескопического комбинированного в составе агрегата для междурядной обработки почвы / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 178-183.
2. Клочков, А. В. Обоснование параметров ветрозащитного устройства для штанговых опрыскивателей / А. В. Клочков, О. В. Гордеенко, Г. А. Груша // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2021. – № 1(20). – С. 235-240.
3. Подшиваленко И.Л. Обоснование рабочей ширины захвата штанги машины для внесения жидких органических удобрений /И.Л. Подшиваленко, В.М.Кузюр //Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. Сборник научных работ. - Брянск: Издательство Брянский ГАУ, 2013. № 1 (12). С. 18-23.
4. Хафизов, К. А. Контроль переуплотнения почвы в ресурсосберегающем земледелии: Методические рекомендации / Р. И. Сафин, Б. Г. Зиганшин [и др.]; Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – 48 с. – ISBN 978-5-905201-54-7.
5. Хафизов, К. А. Выбор технологий и их техническое обеспечение для устойчивого развития АПК Татарстана в условиях введения

- экономических санкций / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 9, № 4(34). – С. 88-94. – DOI 10.12737/7732.
6. Хафизов, К. А. Энергетический метод оптимизации основных параметров тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 10, № 1(35). – С. 75-81. – DOI 10.12737/11383.
7. Определение вместимости основного бака самоходного опрыскивателя / А. П. Дьячков, А. Д. Бровченко, С. В. Семьинин, П. В. Шередекин // Наука и образование в современных условиях : материалы международной научной конференции, Воронеж, 10 марта – 22 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Департамент научно-технологической политики и образования; ФГБОУ ВО "Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I"; Под общей редакцией: В. И. Орбинского, В. Г. Козлова. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. – С. 210-215.
8. Результаты исследований мощности установленных двигателей и массы самоходных штанговых опрыскивателей / Е. Е. Демин, А. С. Старцев, П. И. Павлов, Г. Е. Шардина // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 12. – С. 73-76. – DOI 10.28983/asj.y2022i12pp73-76.
9. Аналитические исследования технических параметров самодвижущихся опрыскивателей / Е. Е. Демин, А. С. Старцев, А. А. Протасов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 12. – С. 112-114. – DOI 10.28983/asj.y2021i12pp112-114.
10. Хафизов К.А. Влияние параметров опрыскивателей на формируемый урожай зерновых культур / Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев, К. А. Хафизов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 402-408.
11. Хафизов К.А. Тенденции развития опрыскивателей и задачи совершенствования методов расчета их параметров и режимов работы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 429-437.

12. Федоров, Р. Н. Оптимизация параметров прицепного опрыскивателя по критерию минимум потерь урожайности / Р. Н. Федоров, К.А.Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5, № 1(15). – С. 159-162.
13. Федоров, Р. Н. Определение потерь урожая и направления их снижения от уплотнения ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов по уходу за растениями / Р. Н. Федоров, К. А. Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 4, № 4(14). – С. 152-155.
14. Результаты экспериментальных исследований влияния параметров опрыскивателей на формируемый урожай яровой пшеницы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 417-428.
15. Методика планирования эксперимента для определения рациональной ширины захвата, скорости агрегата и срока проведения опрыскивания зерновых культур / Э. П. Утяшев, Н. Р. Залаков, А. А. Нурмиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 409-416.
16. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
17. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
18. Оптимальная годовая нагрузка трактора на технологии по till по критерию суммарные энергетические затраты / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, И. Г. Галиев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки,

кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 314-326.

19. Шайхутдинов, Э. И. Внедрение систем автоматизации в конструкции штанговых опрыскивателей / Э. И. Шайхутдинов, Б. Л. Иванов // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 3. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 445-450.

20. Модернизированный прицепной агрегат малообъемного опрыскивания / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Т. Хохмут, А. В. Дмитриев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 199-204.

21. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

22. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

23. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

© Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. 2023

Хафизов Камиль Абдулхакович
доктор технических наук, профессор
Казанский государственный аграрный университет, Казань
fts-kgau@mail.ru

Хафизов Рамиль Наилович
кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
ramilajz@mail.ru

Нурмиев Азат Ахиарович
старший преподаватель
Казанский государственный аграрный университет, Казань
azat-nurmiev@mail.ru

Тагирзянов Тальгат Галимзянович
Заместитель директора ООО Казаньсельмаш

ПОДБОР ГИДРОАГРЕГАТОВ САМОХОДНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ С МИНИМАЛЬНЫМ НЕГАТИВНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА ФОРМИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ

Реферат. Статья посвящена расчету и определению параметров основных агрегатов (гидромоторов и гидронасоса) гидростатической трансмиссии (ГСТ) самоходного опрыскивателя, оптимальные основные параметры которого (вес опрыскивателя, мощность двигателя, ширина захвата, рабочая скорость, объем бака, диаметр колеса, ширина профиля шины) были рассчитаны в ходе вычислительных экспериментов с использованием энергетической математической модели опрыскивателя (цифрового двойника). Рассматриваются два варианта схемы ГСТ: первый вариант – однорежимный, с 1 регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемыми гидромоторами, встроенными в колеса; второй вариант – с 1 регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемых гидромоторами, встроенными в колеса два из которых (один мост) можно отключить, поэтому получаются два режима работы (рабочий и транспортный). Кроме подбора параметров ведется расчет тягово-скоростной характеристики самоходного опрыскивателя для заданных условий его работы. В ходе расчетов выявлено, что с точки зрения снижения металлоемкости и стоимости самоходного опрыскивателя выгоднее использование второго варианта схемы ГСТ. При этом гидромоторы в обеих вариантах имеют одинаковые параметры - рабочий объем $V_{gm_fakt} = 1130 \text{ см}^3/\text{об}$, максимальная частота вращения его вала $n_{gm_fakt} = 190 \text{ об/мин}$ и обеспечивают необходимую рабочую и транспортную скорость при касательной силе тяги на колесах, достаточной для преодоления наиболее тяжелых условий работы.

Однако параметры регулируемого гидронасоса во втором варианте схемы ГСТ меньше и составляет: $V_{nas_fakt}=125 \text{ см}^3/\text{об}$ вместо $250 \text{ см}^3/\text{об}$ (на первом варианте ГСТ); фактическая максимальная частота вращения выбранного гидронасоса $n_{nas_fakt}=2600 \text{ об/мин}$ вместо 2200 об/мин (будет ограничиваться номинальной частотой вращения коленчатого вала двигателя 2000 об/мин), потребляемая мощность 190 кВт вместо 321 кВт .

Ключевые слова: Опрыскиватель самоходный, гидростатическая трансмиссия, параметры опрыскивателя, оптимизация, потери урожая.

Camil A. Khafizov

doctor of technical sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

Ramil N. Khafizov,

candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ramilajz@mail.ru

Azat A. Nurmiev

senior lecturer,

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

azat-nurmiev@mail.ru

TalgatG. Tagirzyanov

Deputy Director of Kazanselmash LLC

SELECTION OF HYDRAULIC UNITS OF A SELF-PROPELLED SPRAYER WITH MINIMAL NEGATIVE IMPACT ON THE FORMED CROP

Abstract. The article is devoted to the calculation and determination of the parameters of the main units (hydraulic motors and hydraulic pump) of the hydrostatic transmission (GTS) of a self-propelled sprayer, the optimal basic parameters of which (sprayer weight, engine power, working width, operating speed, tank volume, wheel diameter, tire profile width) were calculated in the course of computational experiments using an energy mathematical model of the sprayer (digital twin). Two variants of the GTS scheme are considered: the first option is single-mode, with 1 adjustable pump and 4 unregulated hydraulic motors built into the wheels; The second option is with 1 adjustable pump and 4 unregulated hydraulic motors built into the wheels, two of which (one axle) can be turned off, so two modes of operation (working and transport) are obtained. In addition to the selection of parameters, the traction and speed characteristics of the self-propelled sprayer are calculated for the specified conditions of its operation. In the course of calculations, it was revealed that from the point of view of reducing the metal consumption and cost of a self-propelled sprayer, it is more profitable to use

the second version of the GTS scheme. At the same time, hydraulic motors in both versions have the same parameters - the working volume of $V_{gm_fakt}=1130 \text{ cm}^3/\text{rev}$, the maximum speed of its shaft $n_{gm_fakt}=190 \text{ rpm}$ and provide the necessary working and transport speed with a tangential traction force on the wheels sufficient to overcome the most difficult working conditions. However, the parameters of the adjustable hydraulic pump in the second version of the GTS scheme are smaller and are: $V_{nas_fakt} =125 \text{ cm}^3/\text{rev}$ instead of $250 \text{ cm}^3/\text{rev}$ (on the first version of the GTS); the actual maximum speed of the selected hydraulic pump $n_{nas_fakt}=2600 \text{ rpm}$ instead of 2200 rpm (will be limited to the rated engine speed of 2000 rpm), power consumption 190 kW instead of 321 kW .

Keywords: Self-propelled sprayer, hydrostatic transmission, sprayer parameters, optimization, yield losses

Введение. Самоходные опрыскиватели с гидростатической трансмиссией получают все большее распространение в мировой практике [1...3]. Поэтому разработка методики расчета, компьютерной программы и выявление наиболее эффективного варианта ГСТ из нескольких вариантов схем для самоходного опрыскивателя с оптимальными основными параметрами является актуальной задачей.

Условия, материалы и методы. Проведем вычислительные эксперименты и определим параметры гидроагрегатов ГСТ (гидронасоса и гидромотора) для самоходного опрыскивателя, оптимальные основные параметры которого (вес опрыскивателя, мощность двигателя, ширина захвата, рабочая скорость, объем бака, диаметр колеса, ширина профиля шины) выявлены в ходе вычислительных экспериментов по критерию оптимизации – суммарные энергетические затраты, с учетом энергии урожая, потерянного из-за негативного влияния опрыскивателя на формируемый урожай в предыдущей статье.

Значения основных параметров самоходного опрыскивателя и условий его работы, необходимых для обоснования и подбора основных гидроагрегатов ГСТ:

Тип движителя - колесный;

Колесная формула - 4×4, полный привод;

Конструкционный вес опрыскивателя - $G_{констр}=76,2 \text{ кН}$;

Коэффициент распределения эксплуатационного веса опрыскивателя на ведущие колеса $\lambda=0,5$;

КПД вала отбора мощности $\eta_{vom}=0,86$;

КПД насоса опрыскивателя $\eta_{nasosa_opr}=0,87$;

КПД трансмиссии опрыскивателя $\eta_{transm_opr}=0,84$;

Оптимальная ширина захвата опрыскивателя $B_{opt}=36\text{м}$;

Оптимальная рабочая скорость агрегата $V_{opt}=20 \text{ км/ч}$;

Максимальная транспортная скорость агрегата $V_{транс}=40 \text{ км/ч}$;

Объем емкости бака опрыскивателя $V_{емкост} = 5000$ л;
Оптимальный диаметр колеса опрыскивателя $D_k = 1,778$ м;
Оптимальная ширина шины колеса опрыскивателя $B_{dвигит} = 0,2$ м;
Оптимальный коэффициент распределения веса опрыскивателя на его колеса $\lambda_{ц.м.опт} = 0,5$;
Давление воздуха в шинах $P_w = 0,2$ МПа;
Агрофон поля - стерня;
Коэффициент сцепления колес с почвой $K_{сцеп} = 0,5$;
Коэффициент сопротивления перекатыванию колес $f_{перек} = 0,1$;
Плотность почвы $\rho_z = 1300$ кг/м³;
Твердость почвы $H = 1800000$ Па;
Максимальный угол уклона поля при выполнении технологической операции $\alpha = 5^\circ$;
Норма внесения ядохимикатов $NЗ = 150$ л/га;
Давление насоса $P_{насоса} = 2$ МПа;
Минимальные суммарные энергетические затраты при оптимальных значениях основных параметров опрыскивателя $E_{min} = 1783,6$ МДж/га.

Методика и алгоритм расчета приведены в предыдущей статье.

Проведем исследования для нескольких вариантов схем ГСТ:

- 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемых гидромотора, встроенные в колеса;
- 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемых гидромотора, встроенные в колеса два из которых (один мост) можно отключить;

Результаты и обсуждение. Результаты расчетов по подбору основных гидроагрегатов ГСТ для заданных условий работы с оптимальными основными параметрами приведены ниже.

Первый вариант.

Используются 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемые гидромотора, встроенные в колеса.

Результаты расчета.

Рассчитываем и подбираем фактические параметры гидромоторов:

Потребная мощность двигателя $N_{ен} = 117,49$ кВт;

Мощность на привод вала отбора мощности $N_{вом} = 6,014$ кВт;

Коэффициент сцепления колес для заданных тяжелых условий работы опрыскивателя (поле подготовленное под посев $f = 0,13$, максимальный уклон местности 20°) $K_{сцеп_зад} = 0,473$;

Максимальная касательная сила тяги на колесах $F_{кас_max} = 58,333$ кН;

Минимальная касательная сила тяги на колесах $F_{кас_min} = 11,274$ кН;

Силовой диапазон регулирования гидропередачи $D_c = 5,174$;

Максимальная частота вращения колес опрыскивателя $n_{k_max} = 91,387$ об/мин;

Максимальный крутящий момент на колесах $M_{k_max}=51,858$ кН/м;
 Максимальная частота вращения вала гидромотора
 $n_{gm_max}=91,387$ об/мин;

Передаточное отношение колесного редуктора гидромотора
 $i_{red_gm}=1$;

Максимальный крутящий момент на валу гидромотора
 $M_{gm_max}=14,092$ кН/м;

Гидромеханический коэффициент полезного действия гидромотора $KPD_{gidromeh_gm}=0,955$;

Гидромеханический коэффициент полезного действия насоса
 $KPD_{gidromeh_nas}=0,955$;

Расчетный максимальный рабочий объем гидромотора
 $V_{gm_rashetn}=1065,7$ см³/об.

Подбираем из каталогов высокомоментный, низкооборотистый гидромотор серии MCR (таблица 1) и вводим в программу расчеты фактические параметры гидромотора: фактический рабочий объем выбранного гидромотора $V_{gm_fakt}=1130$ см³/об; фактическая максимальная частота вращения выбранного гидромотора, $n_{gm_fakt}=190$ об/мин.

Таблица 1 - Радиально-поршневые многоходовые гидромоторы типа MCR

Параметры	Обозначение	Величина	Типоразмер				
			1130	1250	1500	1780	2150
Рабочий объем	$V_g(max)$	см ³	1130	1250	1500	1780	2150
Крут. момент	T_{max}	Н·м	8095	8995	9552	11332	13688
Число оборотов	При $V_g(max)n_{max}$	мин ⁻¹	190	190	170	110	100
Перепад давления	ΔP_{max}	бар	450	450	450	400	400
Мощность	P_{max}	кВт	55	55	55	60	60
Масса(примерно)	m	кг	93				

Рассчитываем параметры регулируемого гидронасоса: требуемая подача рабочей жидкости в гидромотор $Q_{gm}=3591,7$ см³/с; расчетная мощность на валу насоса $N_{nas}=107,01$ кВт; расчетный объем гидронасоса $V_{nas_rashetn}=231,28$ см³/об.

Подбираем из каталогов (таблица 2) фактические параметры регулируемого насоса типа A4VG и вводим в программу расчеты: фактический рабочий объем выбранного гидронасоса $V_{nas_fakt}=250$ см³/об; фактическая максимальная частота вращения выбранного

гидронасоса $n_{nas_fakt}=2200$ об/мин (ограничивается номинальной частотой вращения коленчатого вала двигателя 2000 об/мин).

Таблица 2 - Регулируемые насосы типа A4VG их технические характеристики

Параметры	Обозначение	Величина	Типоразмер				
			40	71	125	180	250
Рабочий объем	$Vg(max)$	см ³	40	71	125	180	250
Число оборотов	n_{max}	мин ⁻¹	3700	3200	2600	2400	2200
Объемн. расход при n_{max}	$qv(max)$	л/мин	148	227	325	432	550
Мощность ($\Delta p = 350$ бар)	P_{max}	кВт	86	132	190	252	321
Крут. момент ($\Delta p = 350$ бар)	T_{max}	Н·м	223	396	695	1002	1391
Масса (примерно) ЕО+блок клапанов	m	кг	47	60	100	102	214

Рассчитаем и построим тягово-скоростную характеристику самоходного опрыскивателя. Результаты расчетов приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

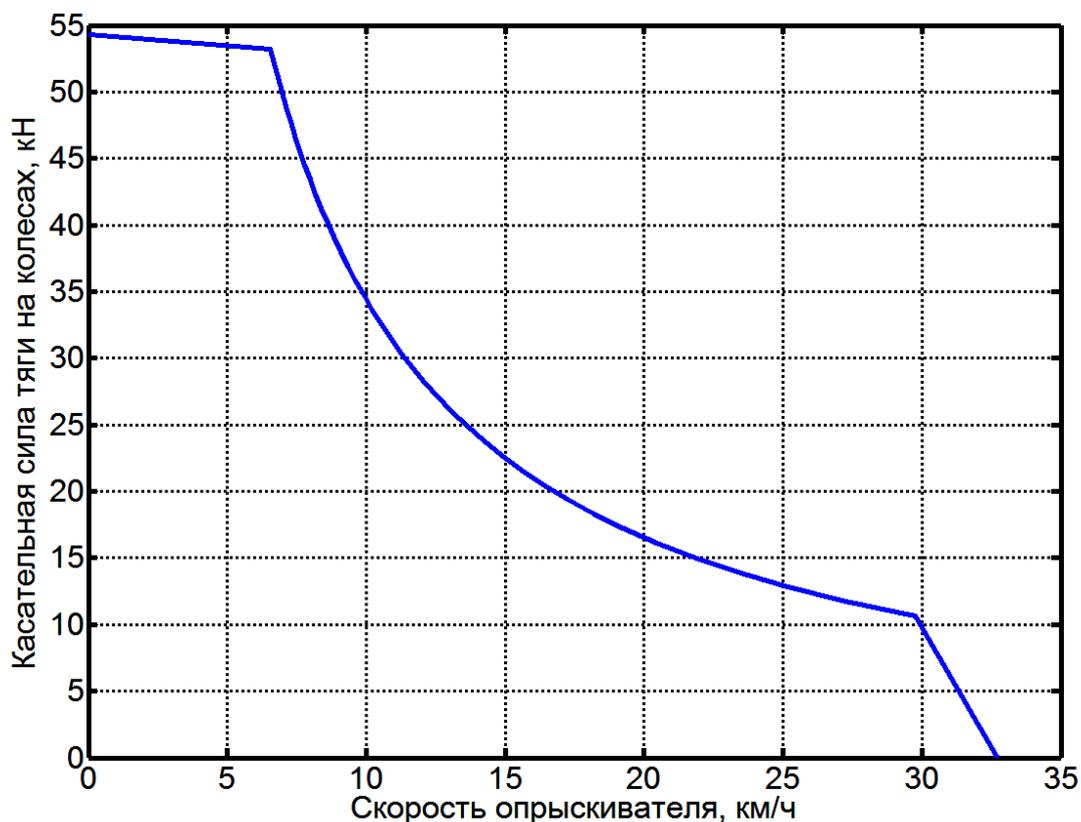


Рисунок 1 – Тягово-скоростная характеристика опрыскивателя с регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемыми моторами для скорости до 30 км/ч

Как видно из рисунка 1 предлагаемая гидростатическая трансмиссия с одним регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемыми гидромоторами, встроенными в колеса опрыскивателя, имеет один режим работы, удовлетворяющий по тяговым и скоростным показателям, как выполнение технологической операции, так и транспортный переезд между полями и хозяйством. Без переключения режимов работы опрыскиватель может выполнять технологическую операцию на скорости до 30 км/ч в сложных внедорожных условиях (мягкий грунт, сложный рельеф поля), при этом касательная сила тяги на колесах может вырасти до 54 кН.

В связи с использованием в ГСТ нерегулируемых гидромоторов (при этом меньше стоимость гидрооборудования) диапазон силового регулирования гидромоторов равен $D_{c_gm}=1$, а диапазон силового регулирования гидронасоса D_{c_nas} (см. таблицу 3) превышает значение больше трех, что негативно сказывается на величине коэффициента полезного действия.

В связи с этим рассмотрим схему ГСТ, где 2 нерегулируемых гидромотора одного моста можно отключить при переходе опрыскивателя на транспортные скорости.

Второй вариант.

Используются 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемые гидромотора, встроенные в колеса (гидромоторы переднего моста отключаемые).

Результаты расчета.

Силовой диапазон регулирования гидропередаточности $D_c = 2,59$;

Максимальная частота вращения колес опрыскивателя $n_{k_max}=91,387$ об/мин;

Максимальный крутящий момент на колесах $M_{k_max}=51,858$ кН/м;

Максимальная частота вращения вала гидромотора $n_{gm_max}=91,387$ об/мин;

Передаточное отношение колесного редуктора гидромотора $i_{red_gm}=1$;

Максимальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{gm_max}=14,092$ кН/м;

Расчетный максимальный рабочий объем гидромотора $V_{gm_rashetr}=1065,7$ см³/об.

Рассчитываем и подбираем фактические параметры регулируемого гидронасоса: расчетный объем гидронасоса $V_{nas_rashetr}=117,23$ см³/об, максимальная частота вращения вала насоса равняется номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя 2000 об/мин.

Результаты расчетов тягово-скоростной характеристики опрыскивателя приведены на рисунке 2 и в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 - Результаты расчета параметров гидростатической трансмиссии опрыскивателя с регулируемым насосом и 4 –мя нерегулируемыми гидромоторами для построения его тягово- скоростной характеристики при скорости 30 км/ч

n_{gm} , об/мин	M_{gm_max} , кН·м	V_{nas_i} , см ³ /об	Q_{nas} , см ³ /с	D_{c_nas}	V_i , км/ч	F_{kas} , кН	N_{gmot} , кВт	N_{nas_i} , кВт
110,62	14,092	250,00	7833,3	1	32,43	10,430	78,614	313,33
100,56	14,092	227,27	7121,2	1,1	29,48	10,754	71,467	284,85
92,18	14,092	208,33	6527,8	1,2	27,02	11,864	65,511	261,11
85,09	14,092	192,31	6025,6	1,3	24,94	12,972	60,472	241,03
79,01	14,092	178,57	5595,2	1,4	23,16	14,079	56,153	223,81
73,75	14,092	166,67	5222,2	1,5	21,62	15,185	52,409	208,89
61,46	14,092	138,89	4351,9	1,8	18,02	18,499	43,674	174,07
55,31	14,092	125,00	3916,7	2	16,21	20,705	39,307	156,67
52,67	14,092	119,05	3730,2	2,1	15,44	21,807	37,435	149,21
50,28	14,092	113,64	3560,6	2,2	14,74	22,909	35,733	142,42
46,09	14,092	104,17	3263,9	2,4	13,51	25,113	32,756	130,56
44,24	14,092	100,00	3133,3	2,5	12,97	26,214	31,445	125,33
42,54	14,092	96,15	3012,8	2,6	12,47	27,316	30,236	120,51
40,97	14,092	92,59	2901,2	2,7	12,01	28,417	29,116	116,05
39,50	14,092	89,28	2797,6	2,8	11,58	29,518	28,076	111,9
36,87	14,092	83,33	2611,1	3	10,81	31,719	26,205	104,44
35,68	14,092	80,64	2526,9	3,1	10,46	32,820	25,359	101,08
34,57	14,092	78,12	2447,9	3,2	10,13	33,920	24,567	97,92
33,52	14,092	75,75	2373,7	3,3	9,83	35,021	23,822	94,95
32,53	14,092	73,53	2303,9	3,4	9,54	36,121	23,122	92,16
30,73	14,092	69,44	2175,9	3,6	9,01	38,322	21,837	87,04
29,89	14,092	67,57	2117,1	3,7	8,76	39,422	21,247	84,69
28,36	14,092	64,10	2008,5	3,9	8,31	41,623	20,157	80,34
26,98	14,092	60,97	1910,6	4,1	7,91	43,823	19,174	76,42
25,72	14,092	58,14	1821,7	4,3	7,54	46,023	18,282	72,87
24,58	14,092	55,55	1740,7	4,5	7,21	48,222	17,470	69,630
23,54	14,092	53,19	1666,7	4,7	6,90	50,422	16,726	66,67
22,57	14,092	51,02	1598,6	4,9	6,62	52,622	16,044	63,95
21,69	14,092	49,02	1535,9	5,1	6,36	54,21	15,414	61,44

Таблица 4 – Результаты расчета параметров гидростатической трансмиссии опрыскивателя с регулируемым насосом и 4 –мя нерегулируемыми гидромоторами для построения его тягово- скоростной характеристики при скорости от 0 до 15 км/ч

n_{gm} , об/мин	M_{gm_max} , кН·м	V_{nas_i} , см ³ /об	Q_{nas} , см ³ /с	D_{c_nas}	V_i , км/ч	F_{kas} , кН	N_{gmot} , кВт	N_{nas_i} , кВт
55,31	14,092	125	3916,7	1	16,214	20,86	39,307	156,67
50,282	14,092	113,64	3560,6	1,1	14,74	22,845	35,733	142,42
46,091	14,092	104,17	3263,9	1,2	13,512	25,055	32,756	130,56
42,546	14,092	96,154	3012,8	1,3	12,472	27,263	30,236	120,51
39,507	14,092	89,286	2797,6	1,4	11,581	29,469	28,076	111,9
36,873	14,092	83,333	2611,1	1,5	10,809	31,674	26,205	104,44
34,569	14,092	78,125	2447,9	1,6	10,134	33,879	24,567	97,917
32,535	14,092	73,529	2303,9	1,7	9,5377	36,082	23,122	92,157
30,728	14,092	69,444	2175,9	1,8	9,0078	38,285	21,837	87,037
29,11	14,092	65,789	2061,4	1,9	8,5337	40,488	20,688	82,456
27,655	14,092	62,5	1958,3	2	8,107	42,69	19,653	78,333
26,338	14,092	59,524	1865,1	2,1	7,721	44,892	18,718	74,603
25,141	14,092	56,818	1780,3	2,2	7,37	47,093	17,867	71,212
24,048	14,092	54,348	1702,9	2,3	7,0496	49,294	17,09	68,116
23.046	14,092	52,083	1631,9	2,4	6,7559	51,495	16,378	65,278
22.124	14,092	50	1566,7	2,5	6,4856	53,696	15,723	62,667

Таблица 5 - Результаты расчета параметров гидростатической трансмиссии опрыскивателя с регулируемым насосом и 2 –мя нерегулируемыми гидромоторами для построения его тягово- скоростной характеристики при скорости от 15 до 30 км/ч

n_{gm} , об/мин	M_{gm_max} , кН·м	V_{nas_i} , см ³ /об	Q_{nas} , см ³ /с	D_{c_nas} ,	V_i , км/ч	F_{kas} , кН	N_{gmot} , кВт	N_{nas_i} , кВт
110,62	14,09	125,00	3916,7	1	32,43	10,43	78,61	156,67
100,56	14,09	113,64	3560,6	1,1	29,48	10,77	71,47	142,42
92,18	14,09	104,17	3263,9	1,2	27,02	11,88	65,51	130,56
85,09	14,09	96,15	3012,8	1,3	24,95	12,99	60,47	120,51
79,01	14,09	89,29	2797,6	1,4	23,16	14,09	56,15	111,90
73,75	14,09	83,33	2611,1	1,5	21,62	15,20	52,41	104,44
69,14	14,09	78,13	2447,9	1,6	20,27	16,30	49,13	97,92
65,07	14,09	73,53	2303,9	1,7	19,08	17,40	46,24	92,16
61,46	14,09	69,44	2175,9	1,8	18,02	18,51	43,67	87,04
58,22	14,09	65,79	2061,4	1,9	17,07	19,61	41,38	82,456
55,31	14,09	62,50	1958,3	2,0	16,21	20,71	39,31	78,33
52,68	14,09	59,52	1865,1	2,1	15,44	21,81	37,44	74,60
50,28	14,09	56,82	1780,3	2,2	14,74	22,91	35,73	71,21
48,10	14,09	54,35	1702,9	2,3	14,10	24,01	34,18	68,12
46,09	14,09	52,08	1631,9	2,4	13,51	25,11	32,76	65,28
44,25	14,09	50,00	1566,7	2,5	12,97	26,21	31,45	62,67

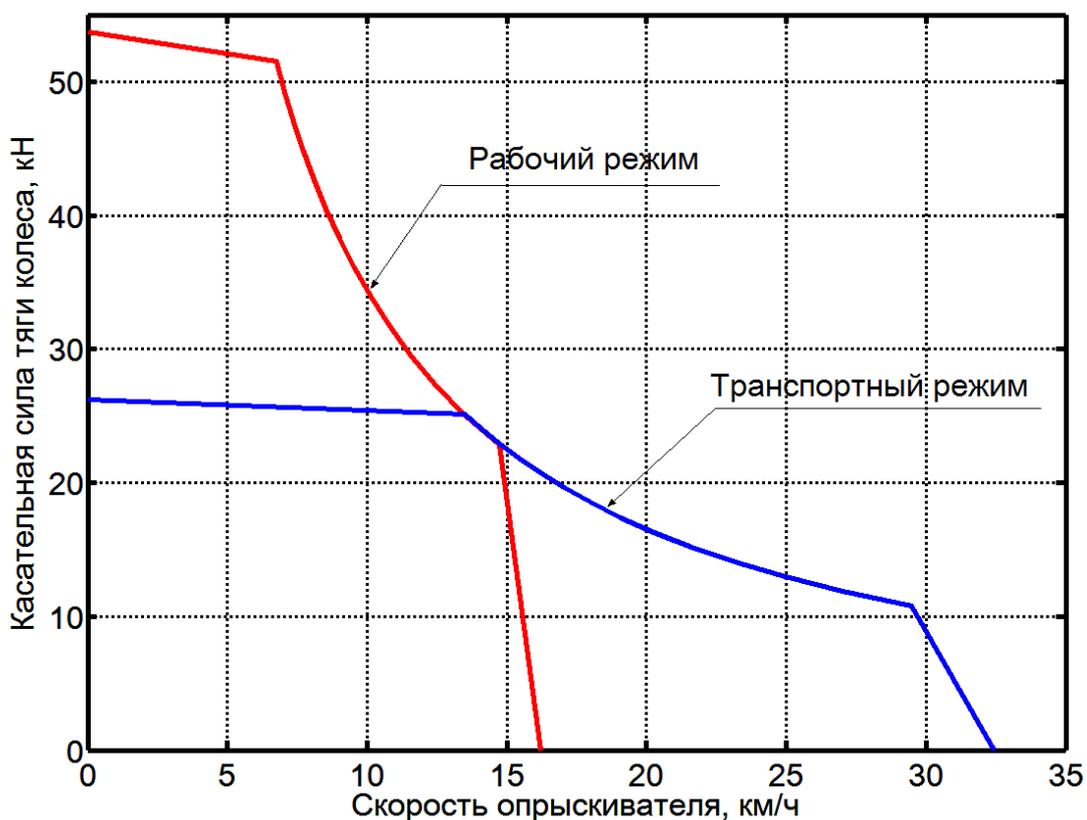


Рисунок 2 – Тягово-скоростная характеристика опрыскивателя с регулируемым насосом и 4-мя нерегулируемыми моторами с возможностью отключения одного моста на транспортном режиме

Результаты расчетов тягово-скоростной характеристики опрыскивателя приведены на рисунке 2 и в таблицах 4 и 5.

Фактический рабочий объем выбранного гидромотора остается без изменений $V_{gm_fakt}=1130 \text{ см}^3/\text{об}$, как и фактическая максимальная частота вращения его вала $n_{gm_fakt}=190 \text{ об/мин}$. Однако в данном случае появляется возможность выбора регулируемого насоса с меньшим рабочим объемом, равным $125 \text{ см}^3/\text{об}$ и меньшей мощностью в 190 кВт см. таблицу 2, 4, 5. Мощности гидромоторов на рабочем режиме используются на половину, они не догружаются, что снижает КПД трансмиссии, однако при этом варианте ГСТ масса его агрегатов снижается, за счет менее тяжелого и более дешевого гидронасоса, на более чем 100 кг.

Максимальная рабочая скорость на рабочем режиме 16 км/ч, а на транспортном 32 км/ч. Переключение с рабочего режима на транспортный производится при остановке трактора см. рисунок 2. Диапазон силового регулирования насоса снижается до 2,59, что находится в пределах рекомендуемых значений $D_{c_nas}<3$.

Исходя из сказанного, использование ГСТ с отключаемым мостом, при обеспечении силового и скоростного режима работы опрыскивателя, ведет к снижению металлоемкости опрыскивателя и его цены.

Выводы.

1. Проведены два варианта исследований ГСТ самоходного опрыскивателя с оптимальными параметрами:

первый вариант - 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемых гидромотора, встроенные в колеса;

второй вариант - 1 регулируемый насос и 4 нерегулируемых гидромотора, встроенные в колеса два из которых (один мост) можно отключить.

2. Фактические параметры гидромоторов для первого и второго вариантов ГСТ одинаковы и составляют: рабочий объем $V_{gm_fakt}=1130$ см³/об, максимальная частота вращения его вала $n_{gm_fakt}=190$ об/мин. Фактические параметры гидронасоса для первого варианта ГСТ: рабочий объем выбранного гидронасоса $V_{nas_fakt}=250$ см³/об; фактическая максимальная частота вращения выбранного гидронасоса $n_{nas_fakt}=2200$ об/мин (ограничивается номинальной частотой вращения коленчатого вала двигателя 2000 об/мин). Фактические параметры гидронасоса для второго варианта ГСТ: рабочий объем выбранного гидронасоса $V_{nas_fakt}=125$ см³/об; фактическая максимальная частота вращения выбранного гидронасоса $n_{nas_fakt}=2600$ об/мин (ограничивается номинальной частотой вращения коленчатого вала двигателя 2000 об/мин).

3. При использовании схемы ГСТ с отключаемым мостом максимальная рабочая скорость самоходного опрыскивателя на рабочем режиме 16 км/ч, а на транспортном 32 км/ч. Переключение с рабочего режима на транспортный производится при остановке трактора. Диапазон силового регулирования насоса снижается до 2,59, что находится в пределах рекомендуемых значений $D_{c_nas}<3$.

4. Второй вариант ГСТ при обеспечении необходимой тягово-скоростной характеристики самоходного опрыскивателя имеет меньшую на 114 кг массу и дешевле.

Литература

1. К взлёту готов // Каталог опрыскивателей компании «John Deere». – 2018. – 40 с.
2. Высококлиренсные самоходные опрыскиватели из Китая. <http://www.aerounion.ru/catalog/53> (Дата обращения 14 мая 2023 года).
3. Самоходный опрыскиватель SARITOR. <https://www.agritech.ru/catalog/item/1408/?f=eyJTRUNUljoiMjA5In0> (Дата обращения 14 мая 2023 года).
4. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

5. Тенденции развития опрыскивателей и задачи совершенствования методов расчета их параметров и режимов работы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 429-437.
6. Результаты экспериментальных исследований влияния параметров опрыскивателей на формируемый урожай яровой пшеницы / А. А. Нурмиев, Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 417-428.
7. Методика планирования эксперимента для определения рациональной ширины захвата, скорости агрегата и срока проведения опрыскивания зерновых культур / Э. П. Утяшев, Н. Р. Залаков, А. А. Нурмиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 409-416.
8. Влияние параметров опрыскивателей на формируемый урожай зерновых культур / Н. Р. Залаков, Э. П. Утяшев, К. А. Хафизов [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 402-408. – EDN NJKHУХ.
9. Модернизированный прицепной агрегат малообъемного опрыскивания / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Т. Хохмут, А. В. Дмитриев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 199-204.
10. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях /

Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

11. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

12. Современные автоматизированные и роботизированные машины для междурядной обработки почвы / А. Р. Валиев, Н. А. Васьков, Р. Ф. Сабиров, В. М. Медведев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4(274). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-2-7. – EDN IIDCAK.

13. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.

14. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

©Хафизов К.А., Хафизов Р.Н., Нурмиев. А.А., Тагирзянов Т.Г. 2023

Русинов Дмитрий Алексеевич

аспирант

*Саратовский государственный университет генетики,
биотехнологии и инженерии имени Н.И Вавилова, г.Саратов
rusinov.dim@yandex.ru*

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ НАСАДОК С ВРАЩАЮЩИМСЯ ДЕФЛЕКТОРНЫМ КОНУСОМ

Аннотация. В материалах статьи представлены результаты исследований влияния конструктивных параметров дождевальных насадок с вращающимся дефлекторным конусом на качественные показатели дождя, которые обеспечивают повышение эксплуатационных показателей эффективности применения широкозахватных дождевальных машин кругового действия.

Ключевые слова: дождевальная насадка, интенсивность дождя, норма полива до стока.

Rusinov Dmitry Alekseevich

postgraduate student

*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering
named after N.I. Vavilov, Saratov
rusinov.dim@yandex.ru*

IMPROVING THE PERFORMANCE OF A CIRCULAR SPRINKLER MACHINE THROUGH THE USE OF SPRINKLER NOZZLES WITH A ROTATING DEFLECTOR CONE

Abstract. The article presents the results of studies of the influence of the design parameters of sprinkler nozzles with a rotating deflector cone on the quality indicators of rain, which provide an increase in the operational performance of the use of wide-reach sprinkler machines of circular action.

Keywords: sprinkler nozzle, rain intensity, irrigation rate before runoff.

Введение

В качестве оценки основных эксплуатационных показателей эффективности применения дождевальных машин при поливе сельскохозяйственных культур используются показатели интенсивности дождя и поливной нормы. В настоящее время в Саратовской области налажено производство дождевальной машины «Каскад», которая активно используется при поливе сельскохозяйственных культур вместо устаревшей дождевальной машины «Фрегат». На дождевальных машинах «Каскад» и «Фрегат»

применяются дождевальные насадки со стационарным гладким дефлекторным конусом. Недостатком данной конструкции дождевальной насадки является то, что, обеспечивая круговой полив она создает дождь с высокой средней интенсивностью, изменяющейся в диапазоне от 0,08 мм/мин до 1,2 мм/мин [1]. Это приводит к повышению мощности дождя до 0,106 Вт/м² который негативно воздействует на почву вызывая ее уплотнение, что обеспечивает снижение до стоковой поливной нормы [2] и как следствие снижение урожая поливаемой культуры.

В связи с вышеизложенной целью работы является создание новой конструкции дождевальной насадки способной повысить эксплуатационные показатели дождевальной машины.

Условия, материалы и методы исследований

Для повышения эксплуатационных показателей применения дождевальных машин, связанных со снижением интенсивности дождя, создаваемого дождеобразующими устройствами и повышения до стоковой поливной нормы нами, предлагается применение новой конструкции дождевальной насадки, имеющей вращающийся дефлекторный конус на образующей которого выполнены радиальные канавки [3].

Для доказательства эффективности применения предлагаемой конструкции дождевальной насадки были проведены исследования в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» и РД 70.11.1–89 «Машины и установки дождевальные».

Анализ и обсуждение результатов

Проведенные исследования позволили определить влияние конструктивных параметров предлагаемой дождевальной насадки с вращающимся дефлекторным конусом на характер и величину изменения интенсивности создаваемого ею дождя. Установлено, что интенсивность дождя оказывает сильное влияние на определение нормы полива до образования стока воды с поверхности поля.

В результате проведенных исследований было установлено, что на величину интенсивности дождя оказывает влияние радиус полива, определяющий поливаемую площадь и расход воды, проходящей через сопло дождевальной насадки. В свою очередь расход воды и радиус полива зависят от давления воды выходящей из сопла дождевальной насадки, а также угловой скорости вращения дефлекторного конуса.

Установлено, рис. 1, что для дождевальной насадки с гладким дефлекторным конусом имеющей сопло диаметром 3 мм происходит снижение средней интенсивности дождя с 1,085 мм/мин до 0,493 мм/мин при увеличении расхода воды с 0,21 л/с до 0,27 л/с (что обусловлено повышением давления воды с 0,1 МПа до 0,2 МПа). При

дальнейшем увеличении расхода воды с 0,27 л/с до 0,35 л/с происходит повышение средней интенсивности дождя до 0,534 мм/мин.

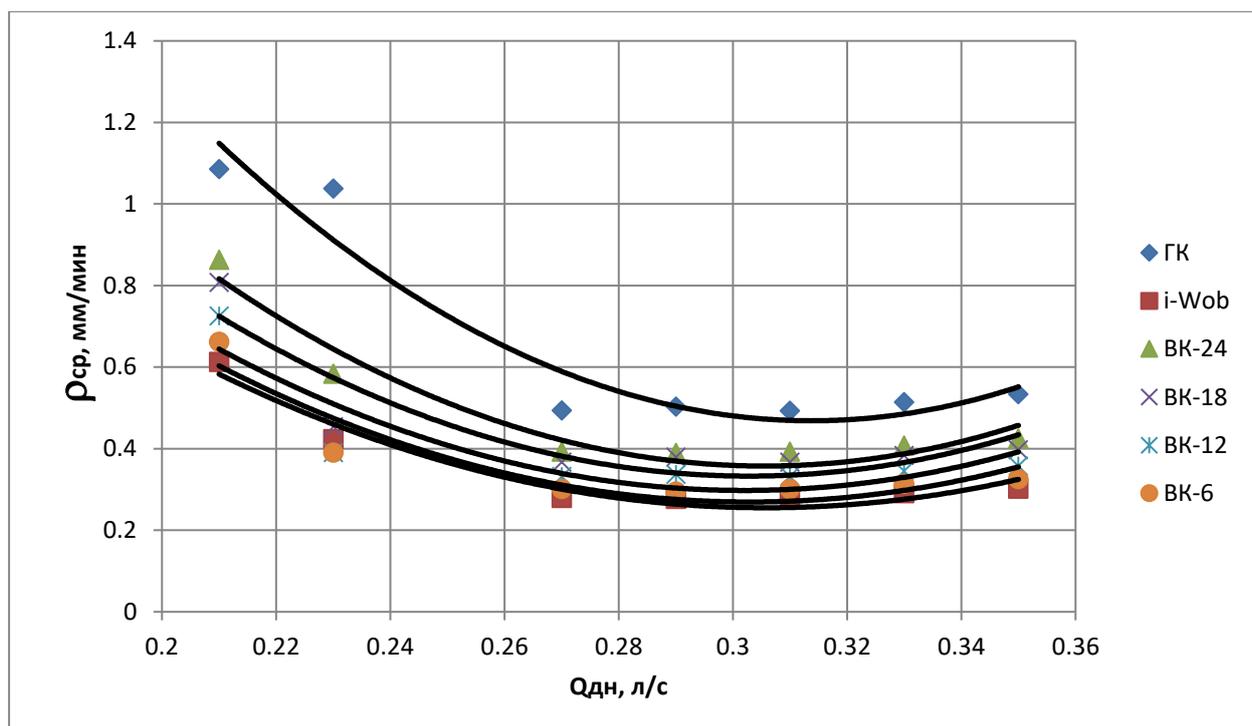


Рисунок 1 – Изменение средней интенсивности дождя дождевальной насадки, имеющей диаметр выходного отверстия сопла насадки 3 мм в зависимости от расхода воды

$$\text{ГК} - \rho_{\text{ср}} = 63,211Q_{\text{дн}}^2 - 39,665Q_{\text{дн}} + 6,6911 \quad R^2 = 0,9299;$$

$$\text{i-Wob} - \rho_{\text{ср}} = 35,695Q_{\text{дн}}^2 - 21,832Q_{\text{дн}} + 3,5935 \quad R^2 = 0,9563;$$

$$\text{ВК-24} - \rho_{\text{ср}} = 50,352Q_{\text{дн}}^2 - 30,765Q_{\text{дн}} + 5,0569 \quad R^2 = 0,9484;$$

$$\text{ВК-18} - \rho_{\text{ср}} = 45,498Q_{\text{дн}}^2 - 27,557Q_{\text{дн}} + 4,5053 \quad R^2 = 0,8331;$$

$$\text{ВК-12} - \rho_{\text{ср}} = 40,997Q_{\text{дн}}^2 - 24,759Q_{\text{дн}} + 4,0357 \quad R^2 = 0,8023;$$

$$\text{ВК-6} - \rho_{\text{ср}} = 38,741Q_{\text{дн}}^2 - 23,464Q_{\text{дн}} + 3,822 \quad R^2 = 0,8761.$$

Аналогичная тенденция прослеживается и у дождевальных насадок, имеющих вращающийся дефлекторный конус. Так было зафиксировано изменение средней интенсивности дождя от 0,277 мм/мин до 0,612 мм/мин у дождевальной насадки Sennigeri-Wob. У предлагаемой дождевальной насадки на величину изменения средней интенсивности дождя дополнительно оказывало влияние количество выполненных канавок на образующей вращающегося дефлекторного конуса. Так у конуса, имеющего 24 канавки средняя интенсивность дождя изменялась в диапазоне от 0,389 мм/мин до 0,863 мм/мин, 18 канавок – от 0,367 мм/мин до 0,807 мм/мин, 12 канавок – от 0,331 мм/мин до 0,725 мм/мин, 6 канавок – от 0,294 мм/мин до 0,662 мм/мин.

Сравнительный анализ проведенных исследований показал, что наибольшей средней интенсивностью дождя обладает дождевальная насадка с гладким дефлекторным конусом. Средняя интенсивность дождя, создаваемая дождевальными насадками с вращающимся дефлекторным конусом меньше по сравнению с дождевальной насадкой, имеющей гладкий дефлекторный конус до 47,1 % - Sennigeri-Wob; до 25,8 % - предлагаемая дождевальная насадка с дефлекторным конусом, имеющим 24 канавки, далее соответственно 32,2 % - 18 канавок; 39,5 % - 12 канавок и 44,4 % - 6 канавок.

Данное обстоятельство можно объяснить тем, что дождевальные насадки с вращающимся дефлекторным конусом имеют больший радиус полива и соответственно поливаемую площадь по сравнению с дождевальной насадкой, имеющей гладкий дефлекторный конус. Увеличение радиуса полива происходит за счет повышения начальной скорости полета капли дождя сходящей с образующей дефлекторного конуса за счет его вращения и придания дополнительного ускорения с повышением давления воды, выходящей из сопла дождевальной насадки.

Изменение интенсивности дождя, созданного дождевальными насадками, оказывает сильное влияние на до стоковую поливную норму дождевальной машины, табл. 1.

Таблица 1 - До стоковая норма полива дождевальной машины «Каскад» оснащенной дождевальными насадками

№ п/п	Тип дождевальной насадки	Эффективная норма полива, м ³ /га	Достоковая норма полива, м ³ /га	Величина стока, м ³ /га
1	С гладким дефлекторным конусом	300	375	0
		400	380	20
		500	385	115
2	Sennigeri-Wob	300	380	0
		400	375	25
		500	390	110
3	Предлагаемая дождевальная насадка	300	520	0
		400	535	0
		500	545	0

Так проведенные исследования на темнокаштановых почвах позволили определить, что при поливной норме до 300 м³/га все исследуемые дождевальные насадки создают дождь, обеспечивающий полив сельскохозяйственных культур без образования стока. Повышение поливной нормы свыше 300 м³/га способствует образованию стока воды при использовании дождевальных насадок с гладким дефлекторным конусом и Sennigeri-Wob. Данное

обстоятельство можно объяснить тем, что у дождевальной насадки с гладким дефлекторным конусом создается дождь с высокой интенсивностью, а у дождевальной насадки Sennigeri-Wob с высоким диаметром капель дождя, что вызывает повышенное воздействие на почву приводящее к увеличению плотности верхних слоев почвы и снижению впитывающей способности почвы приводящее к образованию поверхностного стока.

Для предлагаемой конструкции дождевальной насадки с вращающимся дефлекторным конусом полив с повышенной поливной нормой свыше 300 м³/га выполняется без образования стока.

Выводы

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, об эффективности применения новой конструкции дождевальной насадки с вращающимся дефлекторным конусом обеспечивающей повышение эксплуатационных показателей применения дождевальных машин. Применение на дождевальной машине кругового действия предлагаемой конструкции дождевальной насадки за счет снижения интенсивности дождя и негативного воздействия на почву позволит выполнять полив сельскохозяйственных культур с требуемыми поливными нормами без образования поверхностного стока.

Литература

1. Журавлева Л.А. Ресурсосберегающие широкозахватные дождевальные машины кругового действия. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Саратов 2018 г. 409 с.
2. Журавлева Л.А. Совершенствование технологических приемов полива дождевальными машинами кругового действия "Каскад" / Журавлева Л.А., Соловьев В.А. // Мелиорация. 2019.№1(87). С. 78-82.
3. Патент на изобретение RU 2615574 МПК A01G25/00 Дождевальная дефлекторная насадка. Русинов А.В., Слюсаренко В.В., Хизов А.В., Русинов Д.А., Акпасов А.П., Рыжко Н.Ф., Надежкина Г.П., Затицацкий С.В. Опубликовано 05.04.2017, бюл. №10. Заявка №2015148623 от 12.11.2015.
4. Понятие и значение долгосрочных инвестиций. Классификация долгосрочных инвестиций / Л. М. Мавлиева, Р. И. Нуриева, И. А. Латыпов, З. Х. Фаляхова // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 24 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 100-104. – EDN WADDJA.
5. Валиев, А. Р. Исследование взаимодействия ротационного конического рабочего органа с почвой / А. Р. Валиев, Ф. Ф. Яруллин //

Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10. – С. 27-30. – EDN UQFKNP.

6. Машины для заготовки кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, А. Р. Валиев [и др.]. – 2-е издание, исправленное. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2016. – 200 с. – EDN BLOWAU.

7. Агротехнопарк как инновационный фактор повышения конкурентоспособности сельского хозяйства в условиях вхождения России в ВТО / Д. И. Файзрахманов, А. Р. Валиев, Ф. Т. Нежметдинова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7, № 3(25). – С. 50-58. – EDN PDTOBH.

8. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополдnev // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 121-126. – EDN XCQEZP.

9. Иванов, Б. Л. Пути снижения энергетических затрат при сушке зерна / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, И. Н. Сафиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики : Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Н.С. Каткова, Казань, 19 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 83-89. – EDN DVMMSZ.

10. Технические средства для раздачи кормов на фермах крупного рогатого скота : учебное пособие / А. Р. Валиев, Ю. Х. Шогенов, Б. Г. Зиганшин [и др.]. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2020. – 188 с. – EDN LBDUGH.

11. Валиев, А. Р. Обоснование конструктивно-технологических параметров нового дискового культиватора / А. Р. Валиев, Ф. Ф. Мухамадьяров, Б. Г. Зиганшин // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. – № 1. – С. 58-61. – EDN XTDNZB.

12. Совершенствование использование автомобильного транспорта на уборке урожая / Н. М. Асадуллин, Ф. Н. Мухаметгалиев, М. М. Низамутдинов, М. М. Хисматуллин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института экономики Казанского ГАУ, Казань, 26–28 мая 2021 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 17-24. – EDN IGJXMZ.

13. Ахметзянов, Р. Р. Повышение долговечности подшипников сельскохозяйственной техники применением серографитовых композиционных материалов / Р. Р. Ахметзянов, М. Х. Фасхутдинов // Наука молодых - инновационному развитию АПК : материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Уфа, 15–17 марта 2016 года. Том Часть 1. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2016. – С. 148-152. – EDN LDHRQZ.
14. Ахметзянов, Р. Р. Исследование твердых смазочных материалов в узлах трения скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Х. С. Фасхутдинов, Т. Н. Вагизов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 7-8. – EDN VPRCSV.
15. Ситдинов, Ш. Р. Анализ существующих технологий восстановления деталей с одновременным упрочнением / Ш. Р. Ситдинов, М. Н. Калимуллин, А. М. Ханнанов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 201-205. – EDN ZRKIDB.
16. Ризванов, Н. Г. Совершенствование системы хранения сельскохозяйственной техники с использованием протекторной защиты / Н. Г. Ризванов, Д. В. Хабибуллин, М. Н. Калимуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 45-49. – EDN URYPEJ.
17. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа / Г. Г. Булгариев, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 3(41). – С. 68-71. – DOI 10.12737/22679. – EDN XQPYHJ.
18. Обоснование параметров валков соломы и рабочих элементов разравнивателя / Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин, Р. М. Сафин, С. М. Архипов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7, № 3(25). – С. 64-67. – EDN PDTOSB.
19. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь,

22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

20. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

21. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.

22. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© Русинов Д.А. 2023

Вахрамеев Дмитрий Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск

vdaig@yandex.ru

Иванов Алексей Генрихович

Кандидат технических наук, доцент

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск

vdaig@yandex.ru

Потапов Евгений Александрович

Специалист, Ижевский электромеханический завод «Купол», Ижевск

agroingener.ep@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Автотракторные дизельные двигатели работают в условиях широкого температурного диапазона окружающей среды. Данный диапазон в условиях российского климата может составлять до 100°C, от + 40°C в летний период до -60°C в зимний период года. При этом конструктивные особенности системы охлаждения не позволяют обеспечить оптимальный температурный режим двигателя в условиях экстремальных температур окружающей среды. В данной работе представлены значения оптимальной рабочей температуры охлаждающей жидкости дизельного двигателя в зависимости от температуры окружающей среды и приведена схема реализации автоматического управления системы поддержания оптимального температурного режим двигателя.

Ключевые слова: автотракторный двигатель, тепловой режим, система охлаждения.

Vakhrameev Dmitry Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk

vdaig@yandex.ru

Ivanov Alexey Genrikhovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk

vdaig@yandex.ru

Potapov Evgeny Alexandrovich

Specialist, Izhevsk Electromechanical Plant "Kupol", Izhevsk

agroingener.ep@yandex.ru

AUTOMATION OF THERMAL CONTROL OF AN AUTOMOTIVE DIESEL ENGINE

Abstract: Automotive diesel engines operate in a wide temperature range of the environment. This range in the conditions of the Russian climate can be up to 100 ° C, from + 40 ° C in summer to -60 ° C in winter. At the same time, the design features of the cooling system do not allow ensuring the optimal temperature regime of the engine in conditions of extreme ambient temperatures. This paper presents the values of the optimal operating temperature of the diesel engine coolant depending on the ambient temperature and provides a scheme for the implementation of automatic control of the system for maintaining the optimal temperature regime of the engine.

Key words: tractor engine, thermal mode, cooling system.

В условиях российского климата автотракторные дизельные двигатели эксплуатируются в очень широком температурном интервале окружающей среды, который может достигать 100°C. При этом система охлаждения большинства моделей дизелей, изображенная на рисунке 1, не способна адаптировать тепловой режим двигателя под условия экстремальных температур окружающей среды. Это связано с тем, что интенсивность работы жидкостного насоса системы охлаждения (помпы) прямо пропорциональна частоте вращения коленчатого вала, а частота вращения вентилятора охлаждения радиатора имеет ограниченное количество режимов. Термостат является механическим и обрабатывает открытие проходного сечения только по одному значению температуры.



Рисунок 1 - Классическая система охлаждения автотракторного двигателя

По данным исследований [1] для получения оптимальных показателей работы двигателя рекомендуется повышать тепловой

режим по мере снижения температуры окружающего воздуха и наоборот.

В условиях низких температур вследствие недостаточной температуры двигателя происходит неполное сгорание топлива. Неполное сгорание топлива выражается в ухудшении эксплуатационных параметров, повышении токсичности отработавших газов, перерасходу топлива, моторного масла и осмолению деталей цилиндро-поршневой группы, приводящее к залипанию колец [3...6].

В условиях высоких температур окружающей среды наблюдается перегрев внутренних поверхностей камеры сгорания дизеля, а также посадочной поверхности для выпускного клапана головки цилиндров и посадочной поверхности самого выпускного клапана. Перегрев приводит к изменению геометрии поверхностей и выгоранию металла, что влечет за собой необходимость в трудоемком и затратном ремонте двигателя.

Таблица 1 - Рекомендуемый тепловой режим при различных температурах окружающего воздуха

Температура воздуха, °С	+40...+25	+25...+20	+20...+10	0...-10	-10...-20	-20...-30	-30...-40
Тепловой режим двигателя °С	55-60	60-65	65-75	80-90	90-100	100-110	110-120

Из данных таблицы 1 [1] следует, что система охлаждения должна обеспечивать тепловой режим двигателя от +55°С до +120°С в зависимости от температуры окружающей среды.

Техническим решением, направленным на решение данной задачи, является применение автоматической (интеллектуальной) системы управления работой жидкостного насоса [2,7], регулируемого температурного клапана и вентилятора системы охлаждения двигателя. При этом привод данных устройств должен быть электрическим, от бортовой сети машины. Применение электропривода является наиболее рациональным решением ввиду простоты и широких возможностей регулирования при его применении [2,7]. Представим принципиальную схему подобной системы.

Основой системы управления системой охлаждения двигателя является блок управления. Данный блок получает информацию от датчика температуры окружающей среды, анализирует ее и задает оптимальное тепловое состояние двигателя путем изменения и регулировки режима работы жидкостного насоса, вентилятора и регулировочного температурного клапана (термостата) системы

охлаждения. Вся информация о режимах работы узлов системы охлаждения может отображаться на панель приборов в кабине водителя.

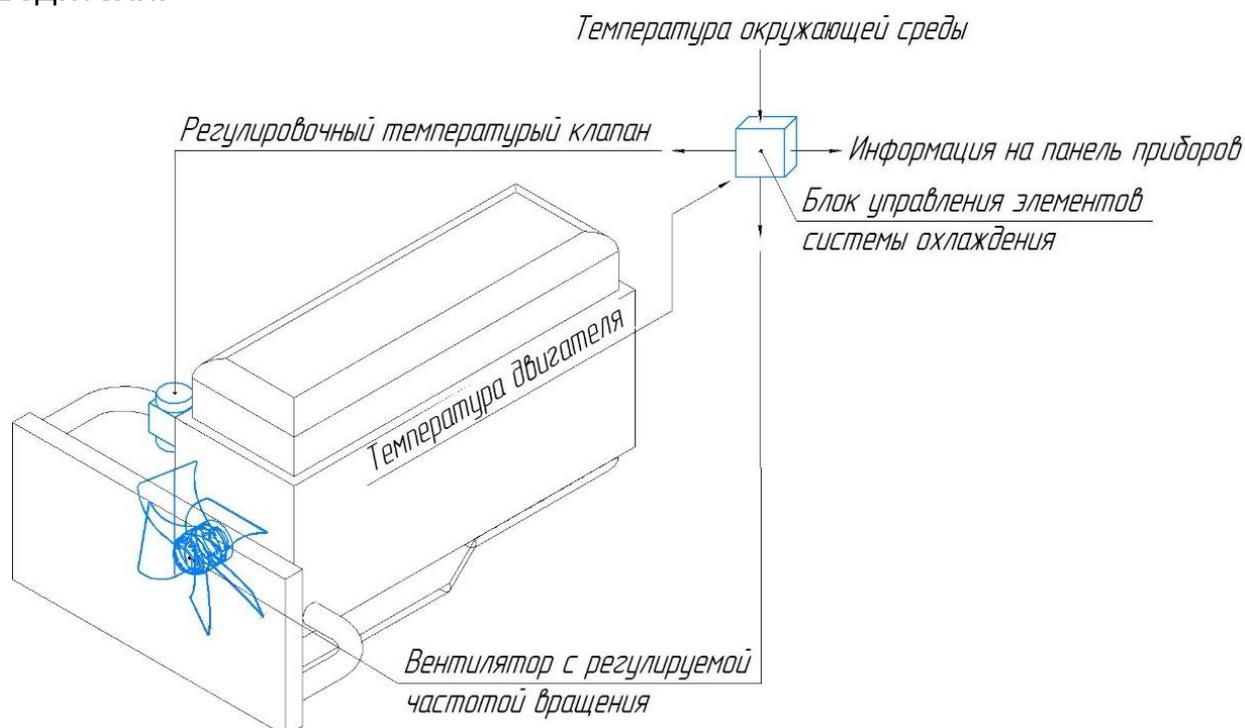


Рисунок 2 - Принципиальная схема управления системы охлаждения

Стоит отметить, что при работе техники в условиях экстремальных температур возможно применение дополнительных источников подогрева или охлаждения двигателя. Для низких температур самым рациональным техническим решением является применение тепловых электрических нагревателей, встроенных в систему охлаждения двигателя и работающих от бортовой электрической сети машины. Для высоких температур возможно использование радиатора отопителя салона кабины в качестве дополнительного инструмента отведения тепловой энергии от двигателя. При этом систему вентиляции и отопления необходимо модернизировать путем установки дополнительной магистрали для отвода горячего воздуха от радиатора отопителя в атмосферу в обход салона кабины.

Применение представленной автоматической системы управления тепловым режимом двигателя позволит поддерживать его тепловое состояние в оптимальном диапазоне, что приведет к сокращению расхода горюче-смазочных материалов, снижению токсичности отработавших газов, снижению риска поломок деталей и увеличению эксплуатационного ресурса двигателя.

Литература

1. Зимняя эксплуатация тракторов. Под общей редакцией кандидата технических наук Т.К. Надршина. Пермь, Кн. Изд-во, 1974.

2. Носов А.Н. Исследование динамических характеристик инвариантной системы управления электроприводом водяного насоса системы охлаждения тепловозного дизеля / А.Н. Носов, В.В. Сазонов // Вестник самарской государственной академии путей сообщения. 2005. №3. С. 3-8.
3. Потапов Е.А. Пути повышения эффективности эксплуатации автотракторных дизелей в условиях низких температур / Е.А. Потапов, И.Ю. Тюрин, А.А. Мартюшев, Д.А. Вахрамеев, Н.Д. Давыдов // Аграрный научный журнал. 2022. №9. С.112-114.
4. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.
5. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдилов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
6. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikhullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
7. Слета В.И. Автоматизированная система оптимизации режимов работы системы охлаждения тепловозного дизеля / В.И. Слета, А.В. Иванов // Наука и образование транспорту. 2013. №1. С. 220-222.
8. Системная математическая модель транспортных средств по критерию оптимизации - минимальный выброс в атмосферу диоксида углерода / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 122-130.
9. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

10. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45–56. – EDN MVHRCA.
11. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12–23. – EDN LLSORB.
12. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.
13. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© Вахрамеев Д.А., Иванов А.Г., Потапов Е.А., 2023

Вахрамеев Дмитрий Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск

vdaig@yandex.ru

Иванов Алексей Генрихович

Кандидат технических наук, доцент

Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск

vdaig@yandex.ru

Потапов Евгений Александрович

Специалист, Ижевский электромеханический завод «Купол», Ижевск

agroingener.ep@yandex.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПУСКОВОЙ ПОДГОТОВКИ АВТОТРАКТОРНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. Для организации эффективной эксплуатации автотракторной техники в условиях российского климата необходимо применение средств предпусковой тепловой подготовки двигателей. Данная мера позволит свести к минимуму время подготовки машины к принятию нагрузки, расход горюче-смазочных материалов, токсичность отработавших газов в процессе прогрева, а также износ деталей и узлов двигателя. На сегодняшний день наибольшее распространение получили автономные жидкотопливные подогреватели, которые оснащены широким перечнем опций с возможностью дистанционного управления и мониторинга рабочих процессов. Но существует более энергосберегающий и энергоэффективный способ предпусковой подготовки двигателя — это система аккумулирования тепловой энергии рабочих жидкостей. Эффективность и удобство эксплуатации данной системы возможно путем применения интеллектуальной системы управления.

Ключевые слова: автотракторный двигатель, тепловой аккумулятор, предпусковая тепловая подготовка.

Vakhrameev Dmitry Alexandrovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk

vdaig@yandex.ru

Ivanov Alexey Genrikhovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Udmurt State Agrarian University, Izhevsk

vdaig@yandex.ru

Potapov Evgeny Alexandrovich

AUTOMATION OF THE HEAT STORAGE SYSTEM OF THE PRE-START THERMAL PREPARATION OF AN AUTOMOTIVE ENGINE

Abstract: In order to organize the effective operation of automotive equipment in the conditions of the Russian climate, it is necessary to use means of pre-start thermal preparation of engines. This measure will minimize the preparation time of the machine for taking the load, the consumption of fuel and lubricants, the toxicity of exhaust gases during heating, as well as the wear of engine parts and assemblies. To date, autonomous heaters have become the most widespread, which are equipped with a wide range of options and the possibility of remote control and monitoring of work processes. But there is a more energy—saving and energy-efficient way of preheating the engine - this is a system for accumulating thermal energy of working fluids. The efficiency and ease of operation of this system is possible through the use of an intelligent control system.

Key words: tractor engine, heat accumulator, pre-start thermal preparation.

Организацию эффективной эксплуатации автотракторной техники в условиях российского климата невозможно осуществить без применения всевозможных средств подогрева двигателей в период межсменной стоянки или средств разогрева непосредственно перед процессом пуска. Эти мероприятия необходимы для минимизации времени подготовки двигателей к принятию нагрузки, а также сокращению расхода горюче-смазочных материалов, выбросов токсичных компонентов с отработавшими газами, уменьшению пусковых износов и времени простоя машины [1, 2, 3].

На сегодняшний день в эксплуатации наибольшее распространение получили автономные жидкотопливные отопители, потребляющие при работе либо бензин, либо дизельное топливо [4, 5]. Это обусловлено способностью подобных устройств подогревать или разогревать двигатель практически в любых погодных условиях, сравнительно низким энергопотреблением от бортовой аккумуляторной батареи, компактностью и возможностью широкого диапазона регулирования, в том числе дистанционно с мобильного телефона или в автоматическом режиме.

Но есть у подобных систем и существенные недостатки. Основной из них — это сложность конструкции, представленной на рисунке 1 и потенциально возможная вероятность отказов тех или иных деталей. При этом высока как стоимость самого изделия, так и его установки с последующим периодическим обслуживанием, которое аттестованы

проводить только квалифицированные специалисты. Поэтому на практике далеко не всегда производится должный уход и обслуживание систем автономных жидкотопливных отопителей. При этом процесс прогрева или разогрева происходит посредством передачи теплообменнику тепловой энергии от источника пламени, образующегося при горении топливоздушного смеси. Поскольку процесс происходит без постоянного надзора, то возможно появление аварийных неконтролируемых ситуаций, вплоть до возгорания техники, особенно в случаях отсутствия надлежащего обслуживания.

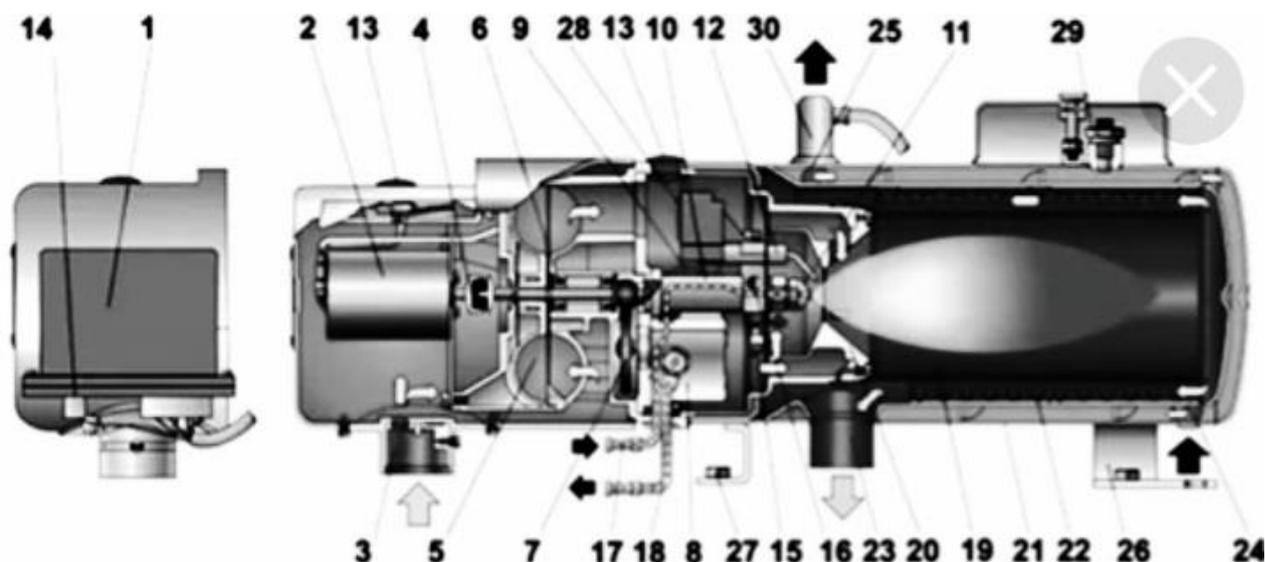


Рисунок 1- Конструкция автономного жидкостного подогревателя Предпусковой подогреватель: 1 - блок управления; 2 - электродвигатель постоянного тока; 3 - всасывающий патрубок; 4 – муфта; 5 – вентилятор; 6 – подшипник; 7 - зубчатая передача; 8 - топливный насос; 9 - электромагнитный клапан; 10 - корпус форсунки; 11 – форсунка; 12 - электрод зажигания; 13 - держатель электродов; 14 - перепускной клапан; 15 - индикатор пламени; 16 – диск; 17 - трубка подвода топлива; 18 - трубка отвода топлива; 19 – теплообменник; 20 - завихритель; 21, 22 - трубы теплообменника; 23 - патрубок для выхода отработавших тазов; 24 - патрубок «входа»; 25 - патрубок «выхода»; 26,27 - кронштейны подогревателя; 28 - источник питания высоковольтный; 29 - Термопредохранитель; 30, 31 - датчики для управления работой подогревателя.

По этим причинам сфера эксплуатации автотракторной техники нуждается в разработке и внедрении альтернативных систем предпусковой тепловой подготовки, более простых, безопасных и экологичных [6]. За последние несколько лет большое количество исследований вновь, как и тридцать лет назад, приковано к системам теплового аккумулирования [7]. За это время совершенствовались материалы, технологии, развивались функции автоматизированных и дистанционных систем управления. Поэтому на сегодняшний день появилась возможность устранить главный недостаток системы теплового аккумулирования для предпусковой тепловой подготовки автотракторных двигателей — ограниченное время использования

системы в период межсменной стоянки.

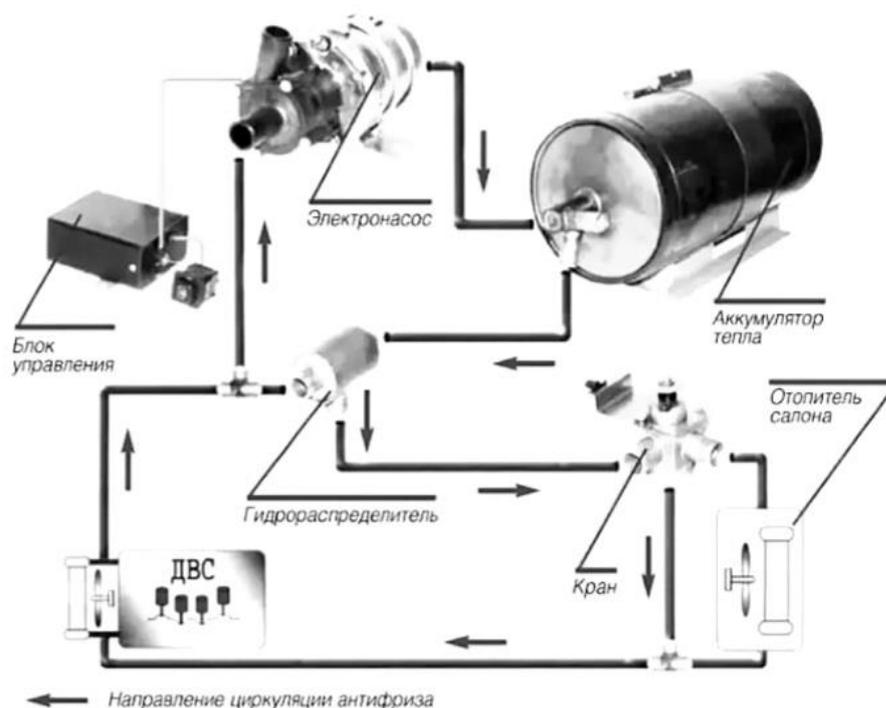


Рисунок 2 - Принципиальная схема функционирования автоматизированной системы теплового аккумуляции

Основным элементом системы теплового аккумуляции является аккумулятор тепла, соединенный с двигателем посредством патрубков, электронасоса, питающегося от стартерной аккумуляторной батареи, гидрораспределителя и кранов. Управляет работой системы блок управления. В процессе работы двигателя аккумулятор тепла накапливает в своем объеме нагретую до рабочей температуры охлаждающую жидкость, которая запирается внутри аккумулятора в процессе межсменного хранения техники. Перед следующим запуском горячая охлаждающая жидкость подается посредством электронасоса в двигатель, в то время, как холодная жидкость из двигателя поступает обратно в тепловой аккумулятор.

Основной функцией блока управления является обеспечение оптимальных параметров процесса разогрева путем анализа температуры двигателя, окружающей среды и жидкости в тепловом аккумуляторе. Также блок управления получает информацию о напряжении на клеммах стартерной аккумуляторной батареи во избежание ее непредвиденного разряда и невозможности последующего процесса запуска двигателя. В процессе длительного межсменного хранения техники и понижения температуры охлаждающей жидкости в аккумуляторе тепла до минимального допустимого значения блок управления в автоматическом режиме произведет процесс предпусковой подготовки двигателя с последующим его запуском. При работе двигателя на холостом ходу

произойдет нагрев охлаждающей жидкости и зарядка аккумулятора тепла. При этом стартерная аккумуляторная батарея также будет заряжаться от генератора.

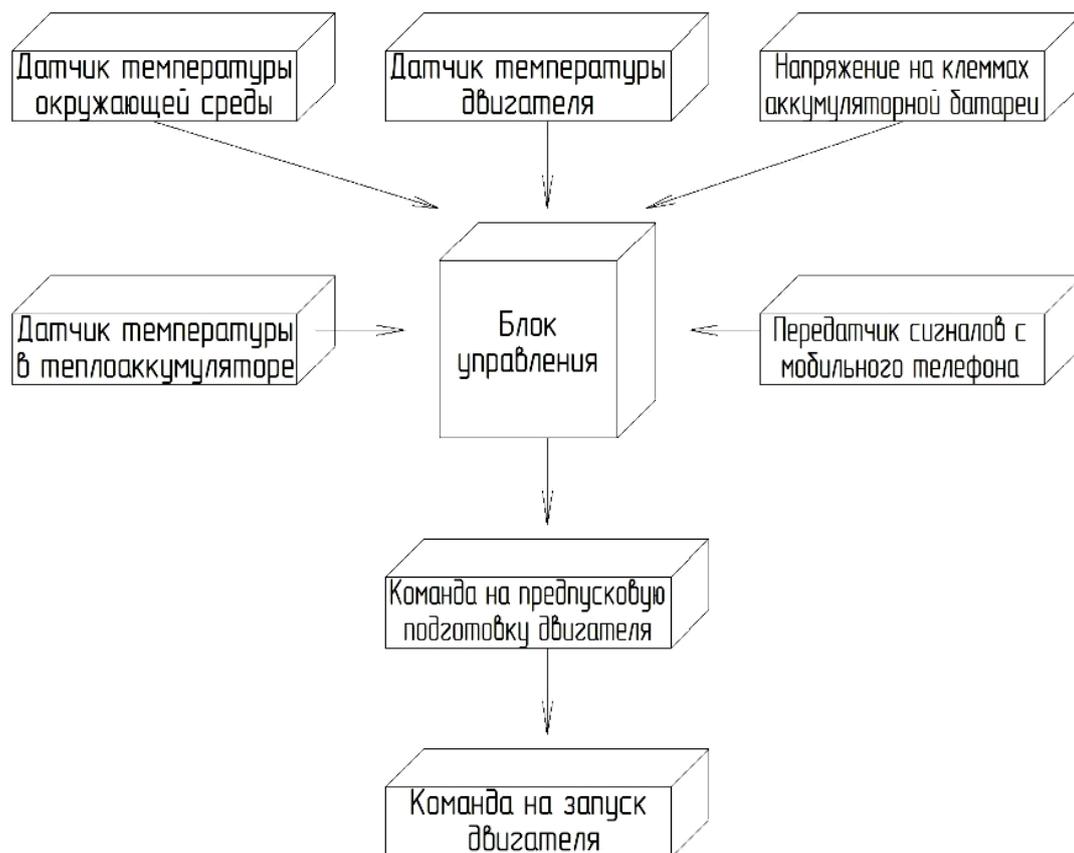


Рисунок 3 - Схема работы блока управления системы теплового аккумулирования

Время прогрева зависит главным образом от типа двигателя (бензиновый или дизельный) [9...11], температуры окружающей среды и скорости ветра, обдувающего наружные поверхности двигателя. Параметры процесса разогрева тоже зависят от типа двигателя и его конструктивных особенностей [8...10]. Все это свидетельствует о необходимости исследований и систематизации полученных данных для разработки необходимых алгоритмов работы блока управления, адаптированных под ту или иную модель двигателя.

Поскольку вероятность запуска дизеля в условиях низких температур определяется в большей степени параметрами кинематической вязкости моторного масла, то обязательным условием является тепловая подготовка моторного масла. Удмуртским аграрным университетом предложена и запатентована конструкция теплового аккумулятора, позволяющая накапливать, сохранять и передавать во внешнюю систему тепловую энергию сразу всех рабочих жидкостей двигателя: охлаждающей жидкости, моторного масла и топлива. Это обеспечивается за счет общего корпуса, содержащего три изолированные между собой камеры [11]. Общий конструктивный вид

представлен на рисунке 4.

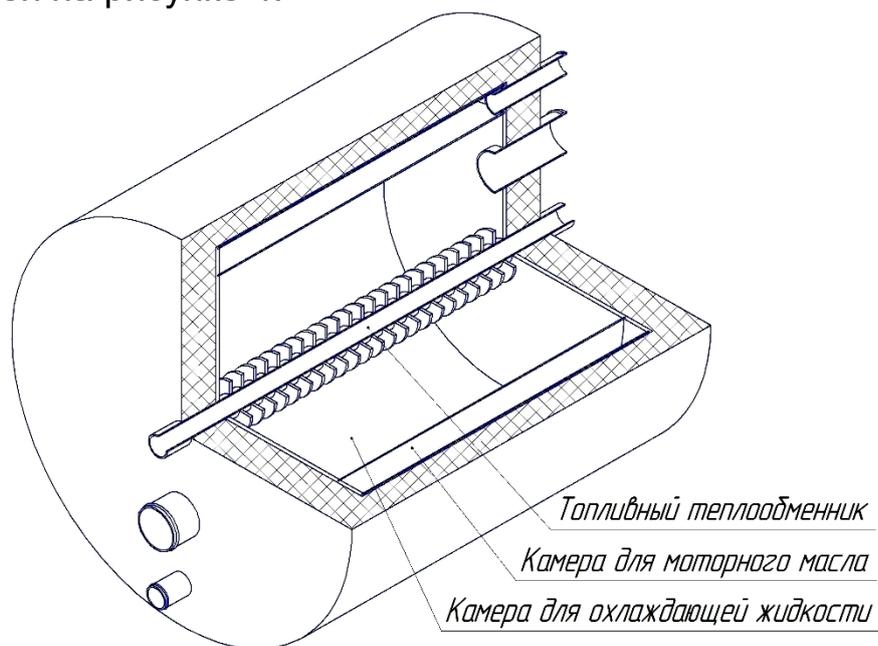


Рисунок 4 - Предложенная конструкция теплового аккумулятора
На базе лабораторной установки, приведенной на рисунке 5, преподаватели и аспиранты Удмуртского аграрного университета провели серию испытаний по исследованию эффективности предпусковой тепловой подготовки двигателя Д-243 путем применения аккумулятора тепловой энергии охлаждающей жидкости и моторного масла.

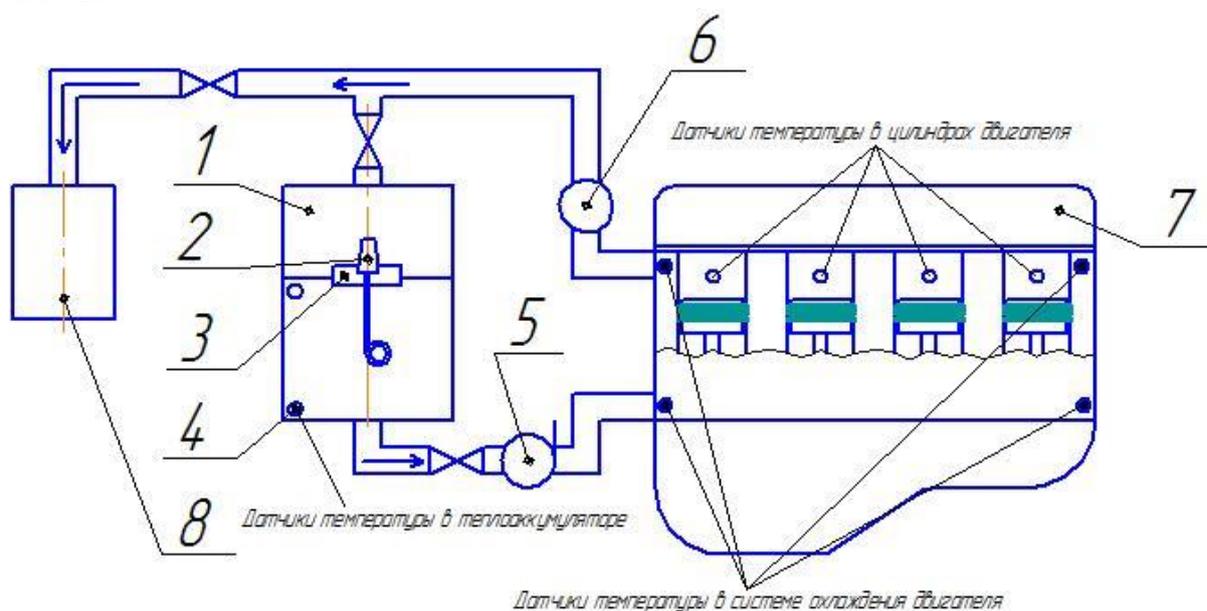


Рисунок 5 - Схема экспериментального стенда для проверки эффективности системы теплового аккумулирования

Состав стенда:

- 1 - тепловой аккумулятор;
- 2 - электрический жидкостный нагреватель (ТЭН);

- 3 - поплавок, поддерживающий ТЭН на поверхности охлаждающей жидкости;
- 4 - электронные датчики температуры;
- 5 - жидкостная электрическая помпа;
- 6 - расходомер охлаждающей жидкости (счетчик);
- 7 - двигатель модели Д-243;
- 8 - дополнительная камера для отбора холодной охлаждающей жидкости двигателя.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлен оптимальный объем камеры для охлаждающей жидкости теплового аккумулятора, который для двигателя Д-243 составляет 20 литров. Камера для моторного масла предусматривает полный заправочный объем, который для двигателя Д-243 составляет 12 литров. Определена зависимость падения температуры охлаждающей жидкости в тепловом аккумуляторе от времени хранения (рисунок 7) и зависимость изменения температуры двигателя от времени прогрева посредством системы теплового аккумулирования (рисунок 8), исследованы изменения температуры моторного масла при его сливе из теплового аккумулятора в картер двигателя перед пуском от времени при температуре -18°C (рисунок 9), соответствующей среднестатистической в январе месяце в России. При данной температуре окружающей среды температура охлаждающей жидкости в тепловом аккумуляторе перед процессом прогрева составляла $+54^{\circ}\text{C}$ (после 15 часов межсменного хранения - см. рис.7).



Рисунок 6 - Фото экспериментального стенда

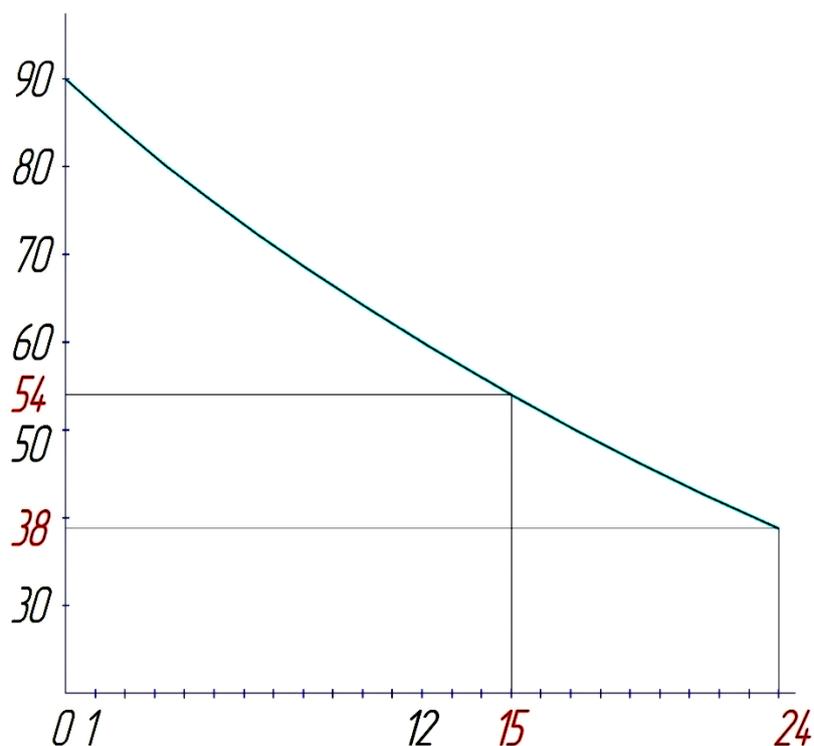


Рисунок 7 - Зависимость температуры охлаждающей жидкости от времени хранения в тепловом аккумуляторе (при -18°C)

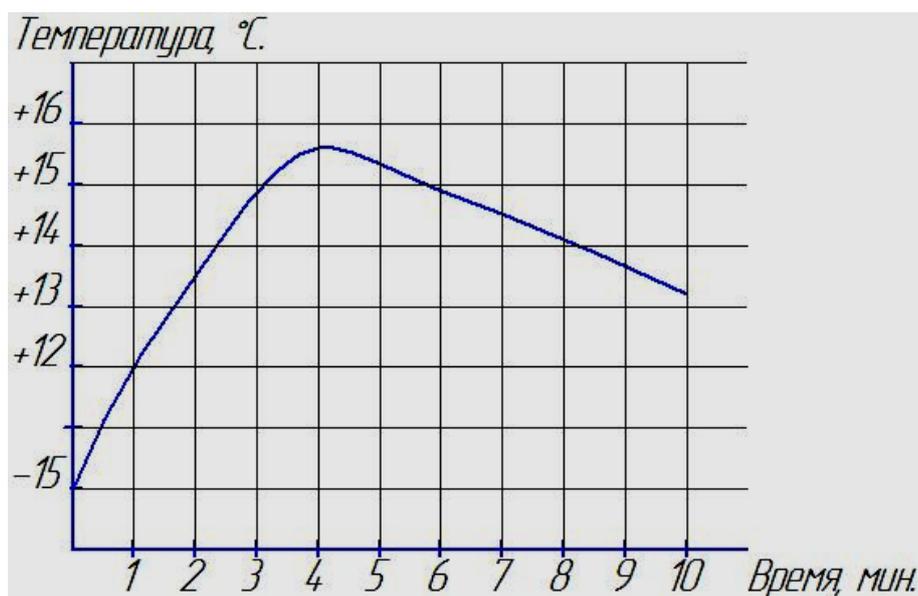


Рисунок 8 -Зависимость средней температуры охлаждающей жидкости в рубашке охлаждения двигателя Д-243 от времени в процессе предпускового подогреватепловым аккумулятором (при -18°C)

Отметим, что в условиях низких температур дизеля без наддува на холостом ходу прогреваются примерно до температуры $+35^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$ в зависимости от модели и температуры окружающей среды [11, 12]. В нашем случае для двигателя Д-240 максимальная температура на холостом ходу при температуре окружающей среды -10°C составила $+38^{\circ}\text{C}$. Температура прогрева моторного масла при

этом достигает чуть большего значения в интервалах температур от +50°C...+70°C. Поэтому в процессе подзарядки системы теплового аккумулирования максимальная температура охлаждающей жидкости составит +38°C, а температура масла для нашей модели двигателя поднимается до +50°C. При этом полный заряд аккумулятора тепла в условиях низких температур при холостых оборотах дизелей без наддува возможен только при использовании дополнительного источника тепловой энергии (например, электрического нагревателя в системе охлаждения, работающего от бортовой аккумуляторной батареи) [16-21].

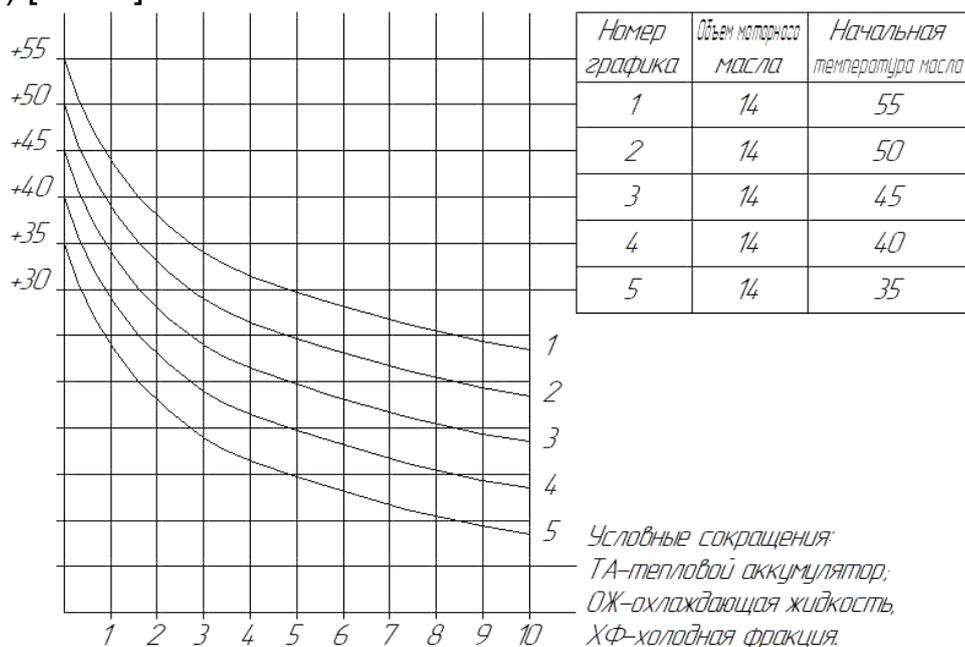


Рисунок 9 - Зависимость температуры поданного из теплового аккумулятора в картер двигателя моторного масла от времени предпусковой подготовки (при -18°C)

Проведены замеры температуры двигателя Д-243 в процессе его прогрева без предварительной тепловой подготовки на холостом ходу в зависимости от времени. Результаты представлены на рисунке 10.

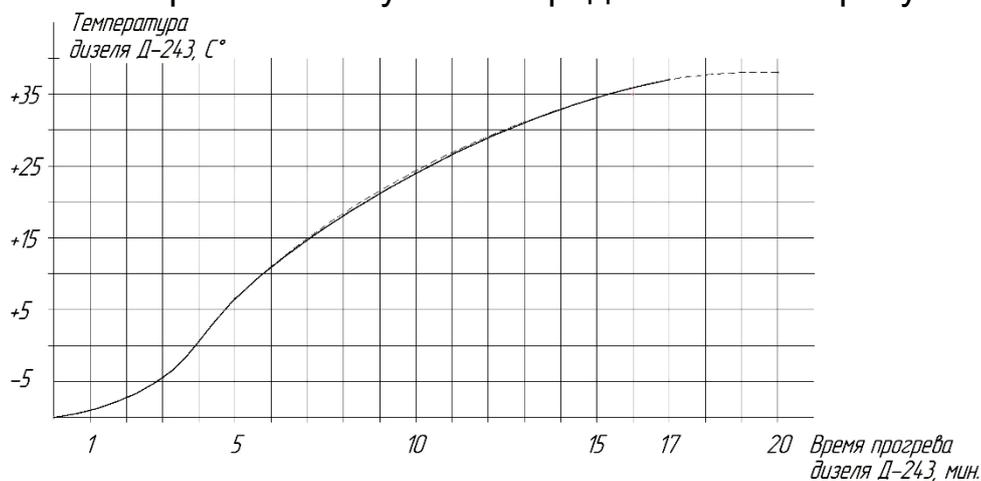


Рисунок 10 - Температура двигателя Д-243 в зависимости от времени прогрева

Учитывая результаты исследований процесса предпускового подогрева двигателя Д-243, имеется возможность разработки режима работы системы теплового аккумулярования для данной модели дизеля в широком спектре температур.

Таблица 1 - Оптимальный алгоритм управления системой теплового аккумулярования для двигателя Д-243 с объемом камеры моторного масла 12 литров, объемом камеры охлаждающей жидкости 20 литров

Режим	Температура двигателя, °С						
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
Ожидание	15 часов	17 часов	20 часов	23 часа	27 часов	32 часа	37 часов
Тепловая подготовка	4 минуты	4 минуты	3 минуты	3 минуты	3 минуты	2 минуты	2 минуты
Пуск и прогрев	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут
Ожидание	3 часа	3,5 часа	4 часа	5 часов	6 часов	10 часов	24 часа
Тепловая подготовка	4 минуты	4 минуты	3 минуты	3 минуты	3 минуты	2 минуты	2 минуты
Пуск и прогрев	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут
Ожидание	3 часа	3,5 часа	4 часа	5 часов	6 часов	10 часов	24 часа
Тепловая подготовка	4 минуты	4 минуты	3 минуты	3 минуты	3 минуты	2 минуты	2 минуты
Пуск и прогрев	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут	15 минут
Режимы и временные интервалы повторяются до следующего цикла работы двигателя							

При периодическом запуске двигателя по команде блока управления с целью подзарядки теплового аккумулятора и поддержания эффективности системы теплового аккумулярования возможно постоянное поддержание готовности дизеля к пуску в условиях низких температур. При этом периодичность запуска составит от нескольких раз в сутки при сильных морозах, до одного запуска в течение нескольких дней при малых значениях отрицательных температур. Стоит добавить, что на сегодняшний день существует полный перечень устройств и технологических возможностей управления системой теплового аккумулярования дистанционно при помощи специального разработанного приложения на мобильном телефоне. В этом случае имеется возможность в реальном времени отслеживать температурные параметры двигателя в процессе межсменной стоянки и температурные параметры рабочих жидкостей внутри теплового аккумулятора. Возможна корректировка алгоритма работы системы автоматического управления в зависимости от внешних условий и особенностей эксплуатации.

Литература

1. Потапов Е.А. Пути повышения эффективности эксплуатации автотракторных дизелей в условиях низких температур / Е.А. Потапов, И.Ю. Тюрин, А.А. Мартюшев, Д.А. Вахрамеев, Н.Д. Давыдов // Аграрный научный журнал. 2022. №9. С.112-114.
2. Пути повышения эффективности использования двигателей внутреннего сгорания автомобилей и машинно-тракторных агрегатов в условиях эксплуатации / А. К. Юлдашев, В. М. Медведев, С. А. Сеницкий, К. М. Латыпов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2007. – № 1(21). – С. 114-116. – EDN QFHDBU
3. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах: № 2007116543/22: заявл. 02.05.2007: опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Сеницкий [и др.]; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.
4. Неговора А.В. Повышение эффективности работы жидкостного предпускового подогревателя / А.В. Неговора, М.М. Рязанов, Н.А. Шерстнев // Технологии реновации машин и оборудования: материалы Всероссийской научно-практической конференции в рамках XI Промышленного салона и специализированных выставок «Промэкспо, станки и инструмент», «Сварка, контроль, диагностика». - 2016. - С.184-188.
5. Оптимизация методов и параметров предпусковой тепловой подготовки двигателя для запуска в зависимости от температуры окружающей среды / Е. А. Потапов, Д. А. Вахрамеев, С. А. Сеницкий [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 4(64). – С. 53-58. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-53-58. – EDN EVGROX.
6. Rationale for Measurements to be Selected for Tractors to Perform Agricultural Activities Differing in Energy Intensity / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00138. – DOI 10.1051/bioconf/20213700138. – EDN JFDBFO
7. Габдрафиков, Ф.З. Энергосберегающая система предпусковой тепловой подготовки двигателя [Текст] / Ф.З. Габдрафиков, У.С. Галиакберов, В.М. Гиндуллин // Сельский механизатор. 2017. № 5. С.30–31.

8. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдииков, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
9. Мифтахов, М. А. Влияние качества топлива на эксплуатационные показатели автомобиля / М. А. Мифтахов, А. А. Нурмиев // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 193-198.
10. Тазиев, Р. Р. Автомобильный бензин / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Матяшина Ю.И., Казань, 28 февраля 2023 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 483-489.
11. Этаноловое топливо / В. Л. Киселев, К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / . – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 369-375.
12. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
13. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
14. Зимняя эксплуатация тракторов. Под общей редакцией кандидата технических наук Т.К. Надршина. Пермь, Кн. Изд-во, 1974.
15. Пат. 182409 Российская Федерация. Тепловой аккумулятор для двигателя внутреннего сгорания / Вахрамеев Д. А., Потапов Е. А., Корепанов Ю. Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – № 2017138880; заявл. 08.11.2017 г.; опубл. 16.08.2018 г. – 6с.:

16. Обоснование параметров валков соломы и рабочих элементов разравнивателя / Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин, Р. М. Сафин, С. М. Архипов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7, № 3(25). – С. 64-67. – EDN PDTOCB.
17. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа / Г. Г. Булгариев, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 3(41). – С. 68-71. – DOI 10.12737/22679. – EDN XQPYHJ.
18. Ахметзянов, Р. Р. Повышение долговечности подшипников сельскохозяйственной техники применением серографитовых композиционных материалов / Р. Р. Ахметзянов, М. Х. Фасхутдинов // Наука молодых - инновационному развитию АПК : материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Уфа, 15–17 марта 2016 года. Том Часть 1. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2016. – С. 148-152. – EDN LDHRQZ.
19. Ахметзянов, Р. Р. Исследование твердых смазочных материалов в узлах трения скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Х. С. Фасхутдинов, Т. Н. Вагизов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 7-8. – EDN VPRCSV.
20. Ситдинов, Ш. Р. Анализ существующих технологий восстановления деталей с одновременным упрочнением / Ш. Р. Ситдинов, М. Н. Калимуллин, А. М. Ханнанов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 201-205. – EDN ZRKIDB.
21. Ризванов, Н. Г. Совершенствование системы хранения сельскохозяйственной техники с использованием протекторной защиты / Н. Г. Ризванов, Д. В. Хабибуллин, М. Н. Калимуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 45-49. – EDN URYPEJ.

© Вахрамеев Д.А., Иванов А.Г., Потапов Е.А., 2023

Нутфуллина Диана Айратовна

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: diana.nutfullina410@mail.ru

Хусаинов Раиль Камилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: rail-1312@mail.ru

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОИЛЬНОГО РОБОТА

Аннотация. В данной статье представлена информация про разработку автоматизированного доильного робота, а также история создания

Ключевые слова: автоматизация, робот, процесс, технология, оптимизация

Nutfullina Diana Airatovna

Student

Хусаинов Р.К. – Ph.D., associate professor;

e-mail: rail-1312@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED MILKING ROBOT

Abstract. This article provides information about the development of an automated milking robot, as well as the history of creation

Key words: automation, robot, process, technology, optimization

В современном мире технологии автоматизации все более распространены во многих сферах жизни, включая животноводство. Одной из самых важных задач в животноводстве является доение коров [1, 2]. До недавнего времени это был ручной труд, но с развитием технологий был разработан автоматизированный доильный робот [3].

Роботизированная система доения улучшает процесс доения и способствует увеличению производительности фермы. Роботы доильные системы могут быть установлены на фермах разных размеров и иметь различный уровень автоматизации. Кроме того, эти роботы имеют высокую надежность и безопасность для животных и операторов.

Разработка автоматизированного доильного робота началась в 1980-х годах и постепенно эта технология стала все более популярной (рисунок 1) [4]. Сегодня на рынке существует множество различных производителей и моделей доильных роботов, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

Одним из основных преимуществ автоматизированного доильного робота является его высокая производительность. Он может доить большое количество животных за короткое время, что позволяет сэкономить время и увеличить производительность фермы. Кроме того, робот имеет возможность контролировать качество молока, что обеспечивает высокое качество продукта [5, 6, 7].

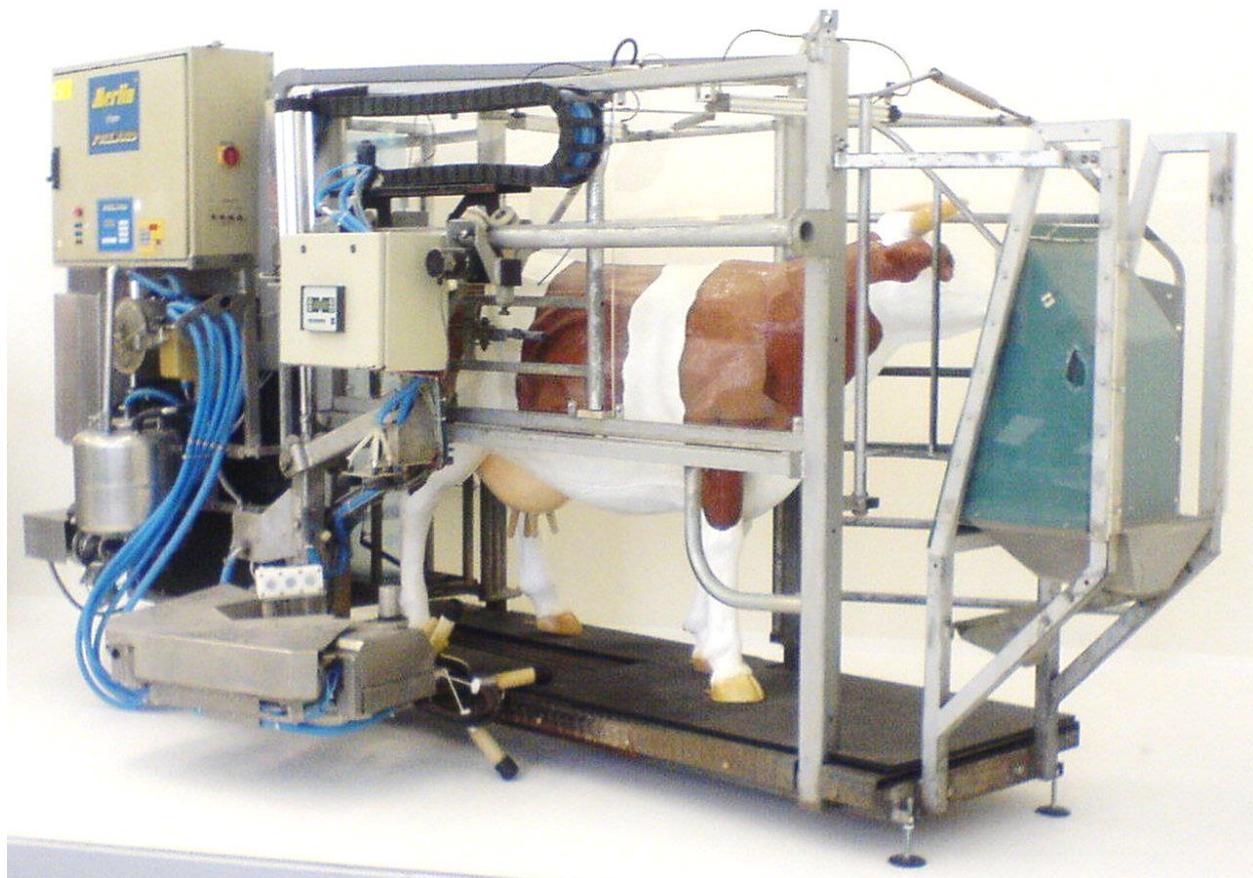


Рисунок 1 – Общий вид доильного робота

Еще одним важным преимуществом робота является его надежность. Он может работать круглосуточно и имеет возможность контролировать свою работу, что позволяет избежать ошибок и сбоев.

Автоматизированный доильный робот также предлагает экономические преимущества. Во-первых, он может увеличить производительность фермы и, следовательно, прибыльность. Во-вторых, робот может уменьшить расходы на оплату труда, что делает его более выгодным в сравнении с ручным доением [8, 9].

Разработка такой технологии была возможна благодаря использованию передовых технологий в области робототехники, программирования и датчиков [10]. Такие роботы обычно оснащаются камерами, которые обеспечивают точное позиционирование и движение робота, датчиками давления, которые могут определять силу, с которой робот сжимает вымя, а также другими датчиками, которые могут контролировать качество молока.

Однако, перед использованием автоматизированных доильных роботов на фермах, необходимо учитывать некоторые проблемы, связанные с использованием таких роботов (рисунок – 2) [11]. Во-первых, роботы требуют дополнительных затрат на обслуживание и техническое обслуживание, поскольку у них есть много различных компонентов, которые нуждаются в периодическом обслуживании и замене [12]. Во-вторых, некоторые коровы могут чувствовать дискомфорт при использовании робота доения, что может привести к падению качества молока и ухудшению здоровья животных.

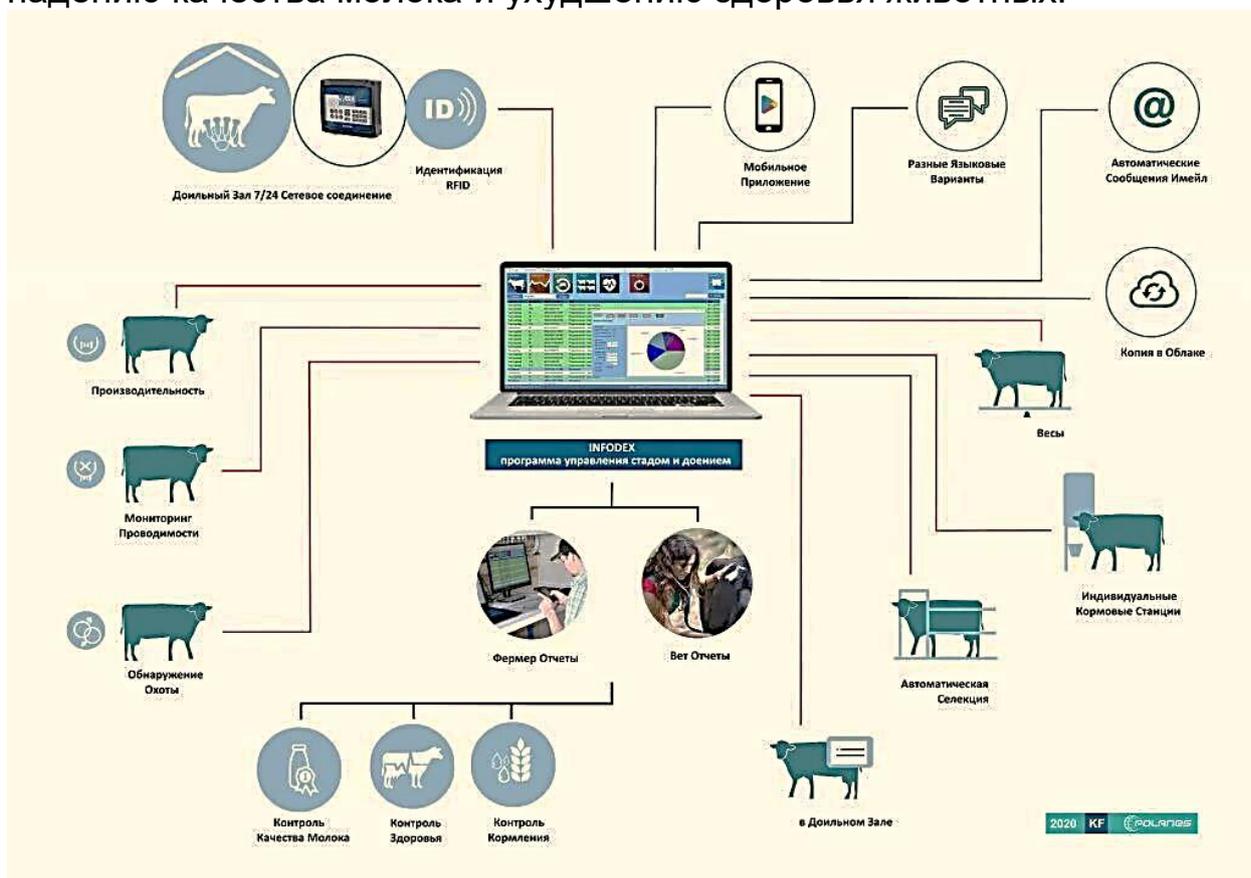


Рисунок 2 – Схема работы автоматизированного доения

Тем не менее, автоматизированные доильные роботы являются перспективной технологией, которая может улучшить производительность и качество продукции на ферме [13, 14, 15]. Они могут помочь фермерам увеличить доходы и уменьшить расходы, а также сделать процесс доения более комфортным для животных.

Кроме того, автоматизированные доильные роботы могут быть полезны при управлении процессом доения. Они могут следить за производительностью каждой коровы и анализировать данные, которые помогают управлять производственными процессами [16, 17, 18]. Такие данные могут быть использованы для оптимизации режима доения, управления питанием коров, мониторинга здоровья животных и т.д.

Кроме того, автоматизированные доильные роботы могут помочь фермерам справиться с нехваткой рабочей силы на ферме. В настоящее время многие фермеры сталкиваются с проблемой недостатка рабочей силы, что может приводить к снижению производительности и качества продукции [19]. Автоматизированные доильные роботы могут значительно снизить зависимость фермы от трудоемких процессов и помочь фермерам справиться с нехваткой рабочей силы [20].

Кроме того, автоматизированные доильные роботы могут существенно улучшить условия жизни животных. Традиционный процесс доения может вызывать дискомфорт у коров и приводить к стрессу [21]. Автоматизированные доильные роботы могут сделать процесс доения более комфортным и спокойным для животных, что может улучшить их здоровье и повысить производительность [22].

Таким образом, автоматизированные доильные роботы являются перспективной технологией для животноводства. Они могут улучшить производительность и качество продукции, сократить затраты на оплату труда и управление производственными процессами, а также улучшить условия жизни животных на ферме. Такие роботы могут стать одним из ключевых факторов в развитии современного животноводства и помочь фермерам улучшить свой бизнес.

Литература

1. Хусаинов, Р. К. Общий подход к решению вопроса обеспечения работоспособности техники в АПК / Р. К. Хусаинов, И. Г. Галиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 190-194.
2. Хусаинов, Р. К. Повышение эффективности эксплуатации тракторов в аграрном производстве с учетом условий их функционирования: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хусаинов Раиль Камилевич. – Казань, 2016. – 22 с.
3. Влияние уровня эксплуатации тракторов в сельскохозяйственном производстве на показатели их надежности / И. Г. Галиев, Р. К. Хусаинов, Т. А. Хусаинова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 77-80. – DOI 10.12737/article_5bcf57af5d83b6.20549781.
4. Классификация и морфологический анализ эжекторов со стационарным и пульсирующим движением активного потока / И. Р. Нафиков, А. И. Рудаков, Р. Р. Лукманов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание.

Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И. Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 72-75

5. Improving the operational efficiency of tractors by ensuring their ability to perform work / S. Yahin, F. Gabdrarifov, F. Khaliullin [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00111. – DOI 10.1051/bioconf/20201700111.

6. Автоматизированная система промывки доильного оборудования / Б. Л. Иванов, И. Р. Нафиков, М. А. Лушнов, Т. Хохмут // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 258-263.

7. Эффективная система промывки молокопровода / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 28-29.

8. Лушнов, М.А. Автоматизация процесса послеуборочной сушки зерна / М.А. Лушнов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 128-131.

9. Рудаков, А. И. Развитие технических средств для приготовления кормосмесей в животноводстве / А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х.С.– Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 126-132.

10. Лушнов, М. А. Тепловая обработка насыщенным паром влажных кормов в горизонтальном смесителе-запарнике / М.А. Лушнов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 92-97.

11. Dmitriev, A. V. Study of efficiency of peeling machine with variable deck / A. Dmitriev, B. Ziganshin, D. Khaliullin, A. Aleshkin // Engineering for Rural Development: 19. – Jelgava, 2020. – P. 1053-1058. – DOI 10.22616/erdev.2020.19.tf249.

12. Халиуллин, Д. Т. Современные технологии производства комбикормов / Д. Т. Халиуллин, М. Р. Хадиев, Б. И. Гарифуллин, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 267-273.
13. Зиганшин, Б. Г. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополднев // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 121-126.
14. Иванов, Б. Л. Применение генератора тепла и холода в сельском хозяйстве / Б. Л. Иванов // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 201-204.
15. Иванов, Б. Л. Аэрозольная дезинфекция животноводческих помещений / Б. Л. Иванов, А. И. Рудаков, Р. Ф. Шарафеев, Н. Karadag // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 114-117.
16. Droplet size of virocidic disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.
17. Сабиров, Б. М. Методика определения средней силы удара для разрушения зерна пшеницы / Б. М. Сабиров // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 195-200.
18. Патент № 2667098 С1 Российская Федерация, МПК В02С 13/14. устройство для дробления зерна: № 2017113492: заявл. 18.04.2017: опубл. 14.09.2018 / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Б. М. Сабиров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).
19. Сабиров, Б. М. Механизация производственных процессов в пчеловодстве / Б. М. Сабиров, Б. Г. Зиганшин, И. Р. Нафиков // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С.

Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 259-268.

20. Хасанов, И. А. Разработка и исследования дискового рабочего органа окучника / И. А. Хасанов, И. Р. Нафиков, Р. К. Хусаинов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора Мазитова Н. К. / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 183-188.

21. Гильмуллин, И. Т. Разработка машины для дробления зерна / И. Т. Гильмуллин, И. А. Саляхов, И. Р. Нафиков // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 53-58.

22. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.

23. Понятие и значение долгосрочных инвестиций. Классификация долгосрочных инвестиций / Л. М. Мавлиева, Р. И. Нуриева, И. А. Латыпов, З. Х. Фаляхова // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 24 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 100-104. – EDN WADDJA.

24. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

©Нутфуллина Д. А., Хусаинов Р.К., 2023

Халиуллин Дамир Тагирович
кандидат технических наук, доцент
Хусаинов Рафис Ринатович
инженер

Шарафутдинов Салават Раисович
студент 2-го курса

Казанский государственный аграрный университет, Казань

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ ГРАНУЛ ПЕРГИ

Аннотация. В статье приведены исследования по разработке аппаратно-программного комплекса для дозирования гранул перги. Выполнен подбор типа дозатора, исполнена конструктивная схема предлагаемого устройства и монтажная схема подключения элементов управления. По изложенному алгоритму для платформы Arduino составлено программное обеспечение на языке C++ с фреймворком Wiring. Результаты данных исследований могут быть использованы при создании автоматизированного устройства для дозирования гранул перги, который можно установить непосредственно на оборудовании для извлечения перги из сот, что позволит без приложения ручного труда получить готовые к реализации порции конечной продукции.

Ключевые слова: пчеловодство, перга, дозатор, аппаратно-программный комплекс

Khusainov Rafis Rinatovich
Engineer

Sharafutdinov Salavat Raisovich
student

Khaliullin Damir Tagirovich
Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR DOSING OF GRANULES

Abstract: The article presents research on the development of a hardware and software complex for dosing bee bread granules. The selection of the dispenser type was made, the design scheme of the proposed device and the wiring diagram of the control elements were executed. According to the above algorithm, software in C++ with the Wiring framework has been compiled for the Arduino platform. The results of these studies can be used to create an automated device for dispensing bee bread granules, which can be installed directly on the equipment for extracting bee bread from the

honeycomb, which will allow you to get ready-to-sell portions of the final product without manual labor.

Key words: beekeeping, bee bread, dispenser, hardware and software

Продовольственная безопасность страны и здоровье населения является стратегической целью, которая стоит перед сельскохозяйственной отраслью [1...4]. Современные рыночные условия требуют от агропромышленных предприятий эффективного использования ресурсного потенциала и оптимизации организационно-экономической, производственно-сбытовой структуры [5...7]. Повышение производительности как отдельных агрегатов [8...10], так и парка машин в целом [11...13] является одной из востребованных задач, направленных на рост технического оснащения сельскохозяйственного производства. Выполнение данных задач невозможно без современных технологий [14...16] и высокопроизводительного оборудования [17...18], в том числе, в области пчеловодства [19]. Одним из наиболее полезных и популярных продуктов, которое предоставляет нам пчеловодство, является перга. Она намного полезнее меда и может конкурировать с самыми эффективными лекарствами [20].

Способов извлечения гранул перги из сот существует достаточно много, но независимо от того, какой из способов выбран, для начала нужно вынуть соты с пергой и разломать их на несколько кусков помельче. А уж потом выбирать, как её извлечь: механическим или ручным способом. До недавнего времени, в небольших пасеках, на которых производство перги ограничено до 50-100 кг в сезон, использовался только ручной способ из-за отсутствия специализированного оборудования.

В связи с этим, на кафедре машин и оборудования в агробизнесе Казанского ГАУ ведутся исследования по созданию оборудования, позволяющего небольшим пасекам получить широкий спектр готовой продукции пчеловодства непосредственно на пасеке [13...20]. Одним из таких разработок является устройство для извлечения перговых гранул из пчелиных сот [21], но для возможности получения готовой продукции без приложения ручного труда, необходимо данное оборудование оснастить автоматизированными дозирующими и упаковочными устройствами. Целью данной работы является разработка аппаратно-программного комплекса для дозирования гранул перги.

На данный момент времени разработано и создано много различных устройств для дозирования материала. Наиболее универсальными, с высокой точностью и производительностью для дозирования сыпучих материалов с фракциями любых размеров являются весовые дозаторы.

Ключевым элементом дозирующего оборудования, как и любого весового дозатора являются тензодатчики, которые широко

применяются в промышленности для автоматизации технологических процессов, связанных с весовым дозированием сыпучих и жидких материалов.

Тензодатчики являются измерительными преобразователями, которые при подключении к источнику питания преобразуют силу в напряжение, пропорциональное величине этой силы. Если сила эквивалентна весу, то измерительная система, включающая в себя тензодатчик, может быть откалибрована в единицах веса в рабочем диапазоне тензодатчика, при этом рабочий диапазон тензодатчика определяется его конструкцией.

Тензодатчики широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе: пищевая промышленность, производство строительных материалов, производство удобрений, горнодобывающая промышленность, металлургия, хлебопекарное производство, производство комбикормов и многие другие.

Тензометрические датчики веса используются в комплекте с весовым оборудованием как для статического взвешивания (платформенные, автомобильные, бункерные), так и для автоматизации технологических процессов (фасовка, упаковка, многокомпонентное смешивание и дозирование, конвейерные весы и конвейерные дозаторы, а также для взвешивания автомобилей и вагонов в процессе движения) в производстве жидких и сыпучих продуктов, где требуется контроль и измерение веса. Датчик питается от индикатора веса, который преобразовывает напряжение, снимаемое с моста тензодатчика, в цифровой код, и осуществляет преобразование его в показания веса посредством калибровки [22-25].

На основе проведенного анализа нами был выбран весовой тип дозатора. Конструктивная схема предлагаемого дозатора приведена на рисунке 1.

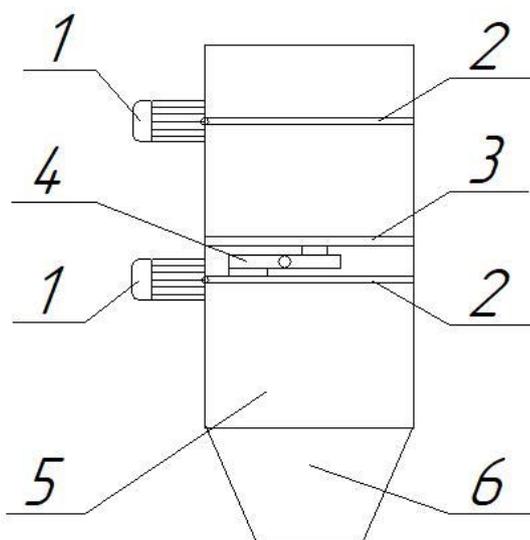


Рисунок 1 – Конструктивная схема предлагаемого дозатора

Предлагаемый дозатор гранул перги состоит из электродвигателя 1, заслонка дозатора 2, емкость весов 3, тензодатчика 4, корпус дозатора 5, выгрузная горловина 6.

Выполнена монтажная электрическая схема подключения элементов управления дозирующей системы (рисунок 2).

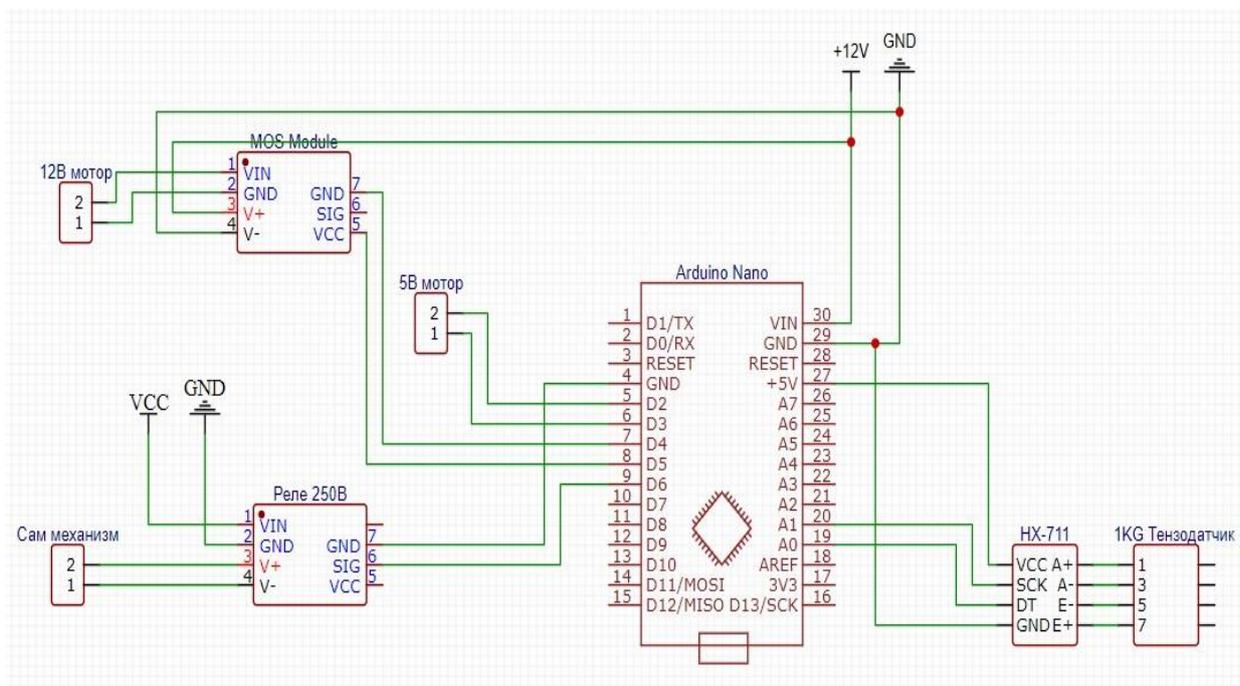


Рисунок 2 – Монтажная электрическая схема элементов дозатора

Работа дозатора осуществляется по следующему алгоритму:

1. Начало работы (подача питания на основной рабочий орган (диск) и решетный стан) возможно при наличии контейнера под дозатором (определяется световым датчиком (или датчиками)).

2. При достижении определенного веса (250 гр.) подается сигнал от 1 ого тензодатчика на актуатор для поворота чашки (ковша) на определенный угол для выгрузки гранул перги.

3. Через определенное время (5 сек) подается сигнал на включение электродвигателя привода транспортёра для подачи пустого контейнера под дозатор, при работе привода транспортера условие 1 не учитывать.

4. Остановку электродвигателя привода транспортёра осуществлять при срабатывании светового датчика.

5. При достижении определенного веса (250 гр.) подается сигнал от 2 ого тензодатчика на актуатор для поворота чашки (ковша) в противоположном направлении для выгрузки гранул перги.

6. Через определенное время (5 сек) подается сигнал на включение электродвигателя привода транспортёра для подачи пустого контейнера под дозатор, при работе привода транспортера условие 1 не учитывать.

7. Остановку электродвигателя привода транспортёра осуществлять при срабатывании светового датчика.

Затем повтор цикла работы 2, 3, 4, 5, 6, 7.

При условии не достижения определенного веса (250 гр.) нет сигнала от 1 ого или 2 ого тензодатчика в течение 3 минут, сигнал для подачи тока на актуатор для поворота чашки (ковша) для выгрузки гранул перги.

Через определенное время (5 сек) подается сигнал на включение электродвигателя привода транспортёра для подачи пустого контейнера под дозатор, при этом условие 1 учитывается, то есть устройство должно быть обесточено.

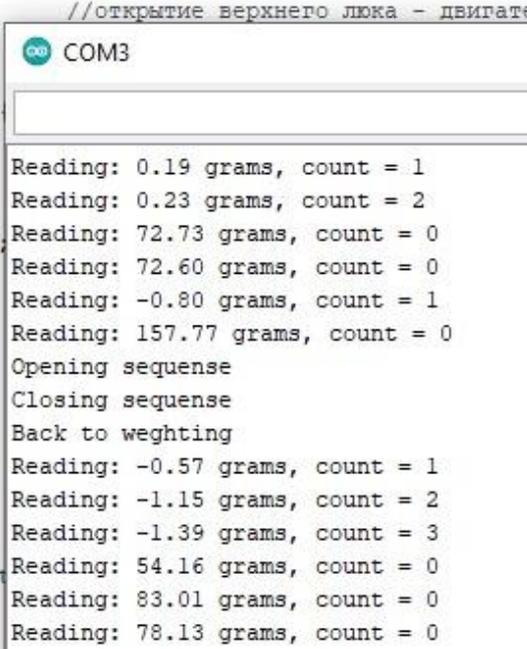
По изложенному алгоритму для платформы Arduino составлена программа на языке C++ с фреймворком Wiring.

```
void loop() {
  digitalWrite(D7, HIGH);           //Запуск машины
  digitalWrite(D8, LOW);
  digitalWrite(D5, HIGH);         //закрытие нижнего люка - двигатель 12В
  digitalWrite(D4, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(D3, HIGH);         //открытие верхнего люка - двигатель 5В
  digitalWrite(D2, LOW);
  Serial.print("Reading: ");      // Выводим текст в монитор последовательного порта
  for (int i = 0; i < 10; i++) {  // Усредняем показания, считав значения датчика 10 раз
    units = + scale.get_units(), 10; // Суммируем показания 10 замеров
  }
  units = units / 10;             // Усредняем показания, разделив сумму значений на 10
  ounces = (units * 0.035274)*10; // Переводим вес из унций в граммы, было 10
  Serial.print(ounces);          // Выводим в монитор последовательного порта вес в граммах
  if (ounces < 20)
  {
    count ++;
  }
  else count = 0;
  if (count > 10)                 // Проверка на ошибку - если после 200 взвешиваний (~10 секунд)
  {
    digitalWrite(D7, LOW);       //Останавливаем машину
    Serial.println("Error! Weight is not changing!");
    delay(100000);
  }
  Serial.print(" grams, count = ");
  Serial.println(count); // Выводим текст в монитор последовательного порта
  if (ounces > 100)
  {
    Serial.println("Opening sequense");
    openphase ();
  }
}
void openphase ()
{
```

```

digitalWrite(D2, HIGH); //закрытие верхнего люка - двигатель 5B
digitalWrite(D3, LOW);
delay(500);
digitalWrite(D4, HIGH); //открытие нижнего люка - двигатель 12B
digitalWrite(D5, LOW);
delay(500);
digitalWrite(D6, LOW); //двигается конвейер - двигатель 12B (питание идет от понижайки)
delay(1000);
Serial.println("Closing sequense");
closephase();
digitalWrite(D5, HIGH); //закрытие нижнего люка - двигател
digitalWrite(D4, LOW);
delay(500);
digitalWrite(D3, HIGH); //открытие верхнего люка - двигате
digitalWrite(D2, LOW);
Serial.print("Reading: ");
for (int i = 0; i < 10; i ++)
    units = + scale.get_units(),
}
units = units / 10;
ounces = (units * 0.035274)*10;
Serial.print(ounces);
if (ounces < 20)
{
    count ++;
}
else count = 0;
if (count > 10)
{
    digitalWrite(D7, LOW);
    Serial.println("Error! Weigh
    delay(100000);
}

```



Разработанный аппаратно-программный комплекс для дозирования гранул перги можно установить непосредственно на устройстве для извлечения перги из сот, что позволит без приложения ручного труда получить готовые к реализации порции конечной продукции.

Литература

1. Калимуллин, М. Н. Агрегат для уборки сахарной свеклы / М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 7.
2. Исмагилов, Д. М. Конструктивные особенности зарубежных и российских машины для механического удаления ботвы и их классификация / Д. М. Исмагилов, Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 109-112.
3. Результаты экспериментальных исследований по обоснованию и оценке параметров рабочих органов культиватора / Г. В. Пикмуллин, Г. Г. Булгариев, М. М. Земдиханов, М. Н. Калимуллин // Вестник

Казанского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 5, № 3(17). – С. 98-101.

4. Калимуллин, М. Агрегат для удаления ботвы / М. Калимуллин, Р. Абдрахманов, Р. Сафин // Сельский механизатор. – 2009. – № 1. – С. 12.

5. Гайфуллин, И. Х. Разработка устройства для зашторивания теплиц / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин // Импортозамещение, научно-техническая и экономическая безопасность: Сборник статей V Международной научно-технической конференции. Том 3. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 86-89.

6. Гайфуллин, И. Х. Результаты экспериментальных исследований малообъемного биореактора / И. Х. Гайфуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 51-56.

7. Гайфуллин, И. Х. Малогабаритная биогазовая установка анаэробного сбраживания органических отходов / И. Х. Гайфуллин // Воспризводство плодородия почв и продовольственная безопасность в современных условиях: Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 221-227.

8. Расчет технологических параметров и обоснование конструкции мобильной биогазовой установки / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 41-47.

9. Гайфуллин, И. Х. Утилизация навоза на животноводческих предприятиях / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, Б. Л. Иванов // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 204-210.

10. Ахметшин, Р. К. Обзор и тенденции развития современных доильных аппаратов / Р. К. Ахметшин, И. И. Кашапов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, Гайнанова Х.С – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 16-21.

11. Фокин, А. И. Пути повышения эффективности молочного производства / А. И. Фокин, Д. Т. Халиуллин, И. И. Кашапов // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 578-586.

12. Кашапов, И. И. Современные роботизированные доильные установки / И. И. Кашапов, Б. Л. Иванов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, Гайнанова Х.С – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 104-109.
13. Виноградов А.Н., Халиуллин Д.Т., Хусаинов Р.Р. Способы получения перговых гранул / Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации. Труды I-ой Международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2020. С. 255-258.
14. Виноградов, А.Н. Инновационные технологии в растениеводстве и животноводстве / А.Н. Виноградов, Д.Т. Халиуллин, Р.Р. Хусаинов// Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 255-258.
15. Классификация способов и устройств для извлечения перги / Р. Р. Хусаинов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин, Н. А. Мухаметзянов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 187-193.
16. Разработка устройства для извлечения перги / Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. Р. Хусаинов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ИМиТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 7-13.
17. Хусаинов Р.Р., Юнусов Д.А., Халиуллин Д.Т. Анализ конструкций пергоочистительных машин / Агроинженерная наука XXI века Научные труды региональной научно-практической конференции. - Казань: Изд-во Казанского ГАУ. 2018. С. 277-281.
18. Патент № 2715663 С1 РФ. Устройство для извлечения перги из перговых сотов: № 2019117443: заявл. 04.06.2019: опубл. 02.03.2020 / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Б. Г. Зиганшин [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО Казанский ГАУ.
19. Хусаинов, Р. Р. Исследование сепараторов воскоперговой массы / Р. Р. Хусаинов, Д. Т. Халиуллин, Н. А. Мухаметзянов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора Мазитова Н.К. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 215-223.
20. Халиуллин, Д. Т. Исследование рынка продукции пчеловодства и трендов для запуска нового производства / Д. Т. Халиуллин, Р. Р.

Хусаинов // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский ГАУ, 2023. – С. 313-319.

21. Патент № 2737247 С1 РФ. Устройство для извлечения перги: № 2020118658: заявл. 28.05.2020: опубл. 26.11.2020 / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Хусаинов; заявитель ФГБОУ ВО Казанский ГАУ.

22. Ляпушкин, С. В. Повышение эффективности управления электроприводом автоматизированного комплекса дозирования сыпучих материалов: диссертация кандидата технических наук: 05.09.03. / С.В. Ляпушкин. - Томск, 2015.- 146

23. К вопросу об отмене единого налога на вмененный доход / А. Т. Исхаков, М. М. Залалтдинов, Р. И. Нуриева, Д. Д. Лебедева // Профессия бухгалтера - важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством : сборник научных трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань, 19 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 107-112. – EDN WTIXST.

24. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

25. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

© Хусаинов Р.Р., Шарафутдинов С.Р., Халиуллин Д.Т., 2023

Сёмушкин Денис Николаевич

аспирант 3 курса

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

den.dizel@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович

д.т.н., профессор, профессор РАН

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

zigan66@mail.ru

Сёмушкин Николай Иванович

к.т.н., доцент

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

udc.kgau@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКА РАЗЛИЧНЫХ ЧАСТОТ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. В настоящей статье рассмотрены методы повышения степени переработки растительного сырья. Процесс экстракции, влияющий на выход технологически ценных компонентов, оказался ключевым в данном исследовании. Дана оценка факторов, влияющих на этот процесс, а также рассмотрены способы, позволяющие интенсифицировать экстракцию. В рамках исследования был проведен анализ влияния ультразвуковой обработки рапсового жмыха на выход технологически ценных компонентов. Определено, что ультразвук оказывает значимое воздействие на процесс экстракции компонентов рапсового жмыха. Изучено влияние частоты ультразвуковой экстракции на результаты эксперимента. Показано, что ультразвуковое воздействие при частоте 31 000 Гц при мощности источника звука 30 Вт обеспечивает наибольший выход сухих веществ в экстракте и его цветности. На основании полученных результатов исследования можно сделать вывод о перспективности применения ультразвуковой обработки в производственном масштабе. Найденный режим экстракции ультразвуком на рапсовый жмых позволяет увеличить выход сухих веществ на 15...19 % и повысить цветность экстракта на 12...20 % по сравнению с контролем. Таким образом, использование ультразвуковой обработки может стать эффективным методом повышения выхода технологически ценных компонентов.

Ключевые слова: рапсовый жмых; обработка ультразвуком; параметры ультразвуковой обработки; экстракция растительного сырья.

Semushkin Denis Nikolaevich

3rd year postgraduate student

*Kazan State Agrarian University, Kazan
den.dizel@mail.ru*

Ziganshin Bulat Gusmanovich

*Doctor of Technical Sciences, Professor of RAS
Kazan State Agrarian University, Kazan
zigan66@mail.ru*

Semushkin Nikolay Ivanovich

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
udc.kgau@mail.ru*

RESULTS OF TESTS ON THE USE OF ULTRASONIC INFLUENCE OF DIFFERENT FREQUENCIES IN OBTAINING AQUEOUS EXTRACTS FROM PLANT RAW MATERIALS FOR BIOLOGICAL FARMING

Abstract. In this article, methods of increasing the degree of processing of vegetable raw materials are considered. The extraction process, which affects the yield of technologically valuable components, turned out to be key in this study. The assessment of the factors influencing this process is given, as well as the methods allowing to intensify extraction are considered. As part of the study, the influence of ultrasonic processing of rapeseed cake on the yield of technologically valuable components was analyzed. It is determined that ultrasound has a significant effect on the extraction process of rapeseed cake components. The influence of the ultrasonic extraction frequency on the experimental results has been studied. It is shown that ultrasonic exposure at a frequency of 31,000 Hz with a sound source power of 30 W provides the highest yield of dry substances in the extract and its color. Based on the results of the study, it can be concluded that the prospects for the use of ultrasonic treatment on a production scale. The found mode of extraction by ultrasound on rapeseed cake allows to increase the yield of dry substances by 15... 19% and increase the color of the extract by 12... 20% compared to the control. Thus, the use of ultrasonic treatment can become an effective method of increasing the yield of technologically valuable components.

Key words: rapeseed cake; ultrasonic treatment; parameters of ultrasonic treatment; extraction of vegetable raw materials.

Введение. Эффективность и конкурентоспособность экстракционного процесса зависят от множества факторов, включая характеристики растительного сырья и степень извлечения технологически важных компонентов. Анализ данных показал, что ультразвуковая обработка при оптимальных параметрах может интенсифицировать экстракцию технологически ценных компонентов растительного сырья. В связи с этим было принято решение изучить

возможность повышения выхода технологически ценных компонентов в процессе экстракции с помощью ультразвукового воздействия.

Объекты и методы исследований. В данном исследовании в качестве предмета был выбран рапсовый жмых производства АО «Казанский маслоэкстракционный завод». Для ультразвуковой экстракции использовался ультразвуковой излучатель с выходной мощностью 30 Вт, с диапазоном от 20000 до 40000 Гц. Опытные образцы обрабатывались определённой ультразвуковой частотой, с расстоянием между сырьём и излучателем - 2 см. Продолжительность экстракции варьировалась от условий эксперимента при соотношении сырья и экстрагента 1:10. Экстрагентом являлась вода температурой 24°C. Массовую долю сухих веществ определяли пикнометрическим способом. Оптическую плотность – при длине волны 490 Нм. Эти показатели использовались для оценки эффективности экстракции.

Результаты и их обсуждение. Первый этап эксперимента определил результаты обработки рапсового жмыха ультразвуком с частотами от 20 до 40 кГц. Сначала ультразвуковая обработка проводилась при частоте 20 кГц в течение 60 минут при комнатной температуре. Расстояние между сырьём и ультразвуковым источником - 2 см, мощность сигнала - 60% от 30 Вт. Соотношение рапсового жмыха к экстрагенту - 1:10. Контрольный вариант выдержан в тех же условиях, но уже без ультразвука. Далее для экстракции использовался ультразвук с частотой 22 кГц, которая после увеличивалась на 2 кГц. Полученные значения представлены на рисунке 1. Значения контролируемых показателей в опытных вариантах выражены в процентах от величин аналогичных показателей в контрольных образцах соответствующих экспериментов. Последние приняты за 100% и не отображены на рисунке. Помимо подтверждения гипотезы об ультразвуковом воздействии на результаты экстракции сырья, были определены частоты ультразвука, которые приводили к значительному улучшению контролируемых показателей.

Проведенные исследования показали, что экстракция ультразвуком с частотой 30000 Гц в течение 60 минут является наиболее эффективной. После была проведена серия экспериментов, в диапазоне от 29000 до 31000 Гц с шагом в 1000 Гц для изучения возможности повышения эффективности (рис. 2). Результаты показали, что при частоте 31000 Гц экстракция является наиболее эффективной: содержание сухих веществ возросло на 16,4%, а оптическая плотность - на 19,7% по сравнению с контрольным образцом. Частота была принята как «центральное значение» в последующих исследованиях для определения оптимальной частоты ультразвука, обеспечивающей наилучшие результаты при изучении контролируемых показателей экстракта рапсового жмыха.

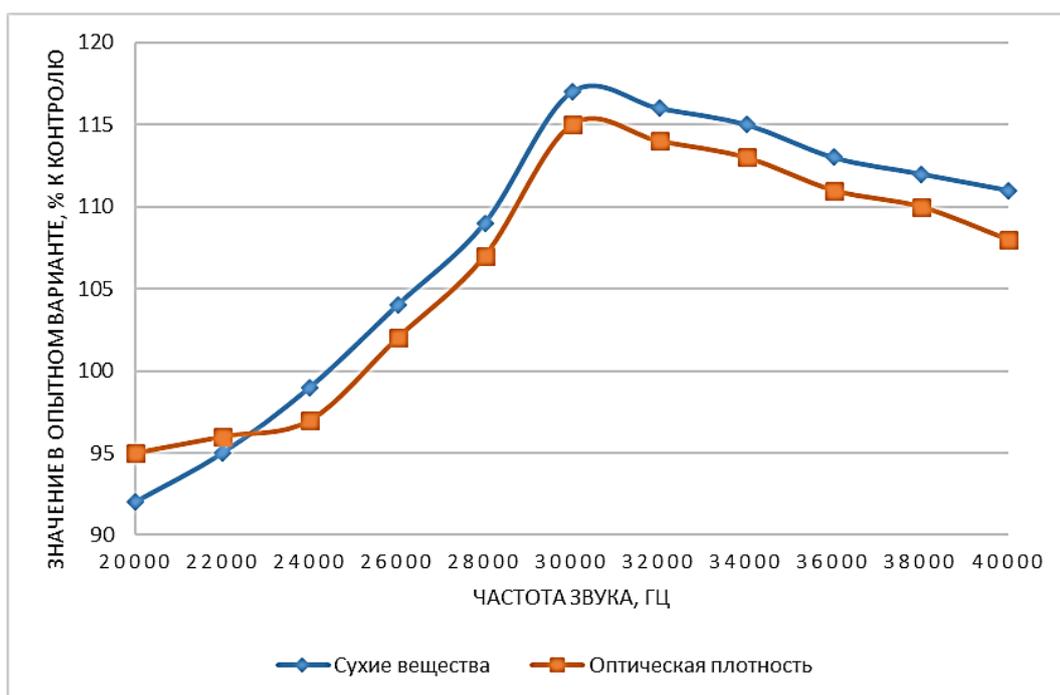


Рисунок 1 – Корреляция содержания сухих веществ и оптической плотности в экстракте рапсового жмыха при частоте ультразвука 20000-40000Гц.

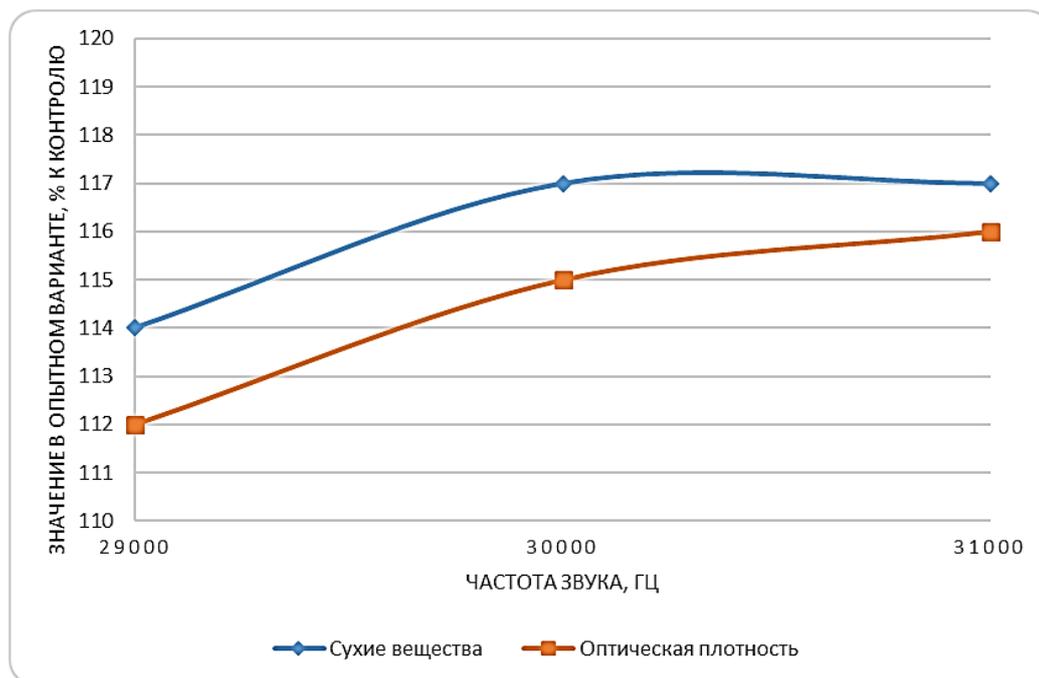


Рисунок 2 – Корреляция содержания сухих веществ и оптической плотности в экстракте рапсового жмыха от частоты ультразвука, применяемого для экстракции, в диапазоне 29000-31000 Гц.

Далее шаг варьирования составил 500 Гц. В ходе эксперимента были использованы частоты 30500, 31000 и 31500 Гц, при сохранении остальных условий. Результаты эксперимента показаны на рис. 3,

значения показателей опытных вариантов выражены в процентах к аналогичным величинам в контрольных вариантах.

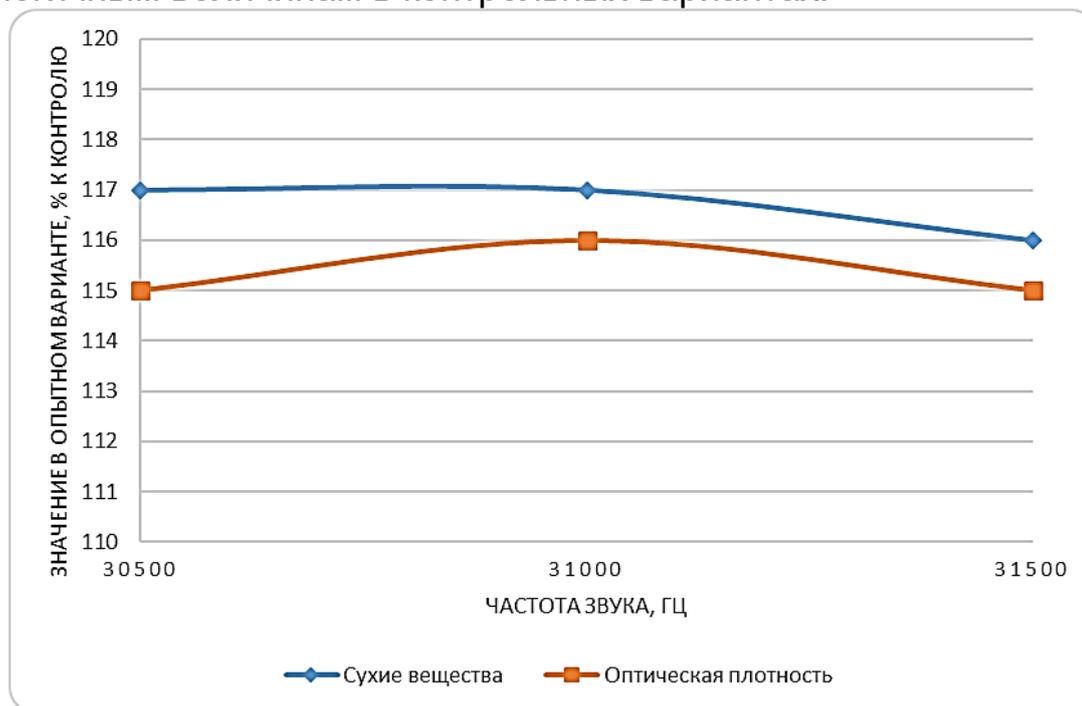


Рисунок 3 - Корреляция содержания сухих веществ и оптической плотности в экстракте рапсового жмыха от частоты ультразвука, применяемого для экстракции, в диапазоне 30500-31500 Гц.

Анализ результатов показал, что наибольшее количество сухих и красящих веществ было извлечено при использовании частоты 31000 Гц в сравнении с контрольными вариантами.

Выводы. Анализ результатов показал, что наибольшее количество сухих и красящих веществ получено на частоте 31000 Гц. Дальнейшее сужение диапазона исследуемых частот звука не имело смысла, так как другие параметры ультразвуковой экстракции могли оказывать более значимое влияние на результаты. Частота звука 31000 Гц выбрана наиболее оптимальной и использовалась во всех последующих экспериментах. Таким образом, в данном исследовании была изучена возможность повышения выхода технологически ценных компонентов рапсового жмыха в процессе экстракции с помощью ультразвукового воздействия. Полученные данные позволяют утверждать, что ультразвуковая обработка при оптимальных параметрах может интенсифицировать экстракцию технологически ценных компонентов, что может привести к повышению конкурентоспособности экстракционного процесса.

Литература

1. Семушкин, Д. Н. Технологическая схема получения растительного экстракта / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской

- (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 496-501.
2. Семушкин, Д. Н. Технология получения растительных вытяжек / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 489-495.
3. Семушкин, Д. Н. Классификация систем вентиляции / Д. Н. Семушкин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 318-323.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681635 Российская Федерация. Программа расчета технологических и конструктивных параметров оборудования для запаривания исходного сырья при получении растительных экстрактов и вытяжек: № 2022680604: заявл. 01.11.2022: опублик. 16.11.2022 / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин, Д. Н. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».
5. Семушкин, Н. И. Роботизация технологических процессов в овцеводстве и кролиководстве / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 236-241.
6. Перспективы использования роботизированных установок в растениеводстве / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, М. Бенело, Д. Н. Семушкин // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 518-524.
7. Семушкин, Д. Н. Способ получения водного экстракта из растительного сырья для биологического земледелия / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXXII международной научно-

практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2023. – С. 8-12.

8. Семушкин, Д. Н. Технологическая схема получения растительного экстракта / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 291-294.

9. Семушкин, Д. Н. Обзор установок получения растительных экстрактов / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 286-291.

10. Семушкин, Д. Н. Анализ технологий получения растительных экстрактов / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 156-159.

11. Семушкин, Д. Н. Обзор конструкций энергетических средств с электрическим приводом / Д. Н. Семушкин, С. М. Яхин, Н. И. Семушкин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения д.э.н., профессора Н.С. Каткова, Казань, 20–21 декабря 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 204-207.

12. Патент № 2269241 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А01С 1/02. Способ фитоэкспертизы семян зерновых культур: № 2003137292/12: заявл. 24.12.2003: опубл. 10.02.2006 / Р. И. Сафин, А. А. Зиганшин, И. А. Борздыко [и др.]; заявитель Казанская государственная сельскохозяйственная академия.

13. Патент № 2518605 С2 Российская Федерация, МПК В01D 11/02. Установка получения растительной вытяжки: № 2012136661/05: заявл. 27.08.2012: опубл. 10.06.2014 / С. М. Яхин, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ).

14. Патент № 2452181 С2 Российская Федерация, МПК А01N 65/00, А01N 25/02. Состав для адаптации биопестицидов: № 2010127378/13: заявл. 02.07.2010: опубл. 10.06.2012 / Р. И. Сафин, А. И. Исмаилова, Н. А. Ермаков, Н. И. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУВПО КГАУ).
15. Методологические основы современных агротехнологий растениеводства / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 6-17.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023618275 Российская Федерация. Программа моделирования процесса экстрагирования: № 2023616272: заявл. 04.04.2023: опубл. 20.04.2023 / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин, Д. Н. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».
17. Агротехнологии полевых кормовых культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 251-280.
18. Агротехнологии технических культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 178-250.
19. Агротехнологии зернобобовых культур и крупяных культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 141-177.
20. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.
21. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской

(национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

22. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.

23. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© Сёмушкин Д.Н., Зиганшин Б.Г., Сёмушкин Н.И. 2023 г.

Сёмушкин Денис Николаевич

Аспирант 3 курса

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

den.dizel@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович

д.т.н., профессор, профессор РАН

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

zigan66@mail.ru

Сёмушкин Николай Иванович

к.т.н., доцент

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

udc.kgau@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ВЛИЯНИЮ МОЩНОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. Статья позволяет рассмотреть методы увеличения переработки растительного сырья. Исследования показали, что ультразвук оказывает значительное влияние на процесс экстракции компонентов рапсового жмыха. Наибольший выход сухих веществ и наибольшая цветность достигается при использовании ультразвукового воздействия при определенных параметрах: частота 31000 Гц в течение 12 мин при мощности равной 100 % от 30 Вт. Достигнуто возрастание выхода сухих веществ на 15–19 % и цветности экстракта на 12-20 % по сравнению с контролем. Применение ультразвуковой обработки в производственном масштабе является перспективным.

Ключевые слова: рапсовый жмых; обработка ультразвуком; параметры ультразвуковой обработки; экстракция растительного сырья.

Semushkin Denis Nikolaevich

3rd year postgraduate student

Kazan State Agrarian University, Kazan

den.dizel@mail.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor of RAS

Kazan State Agrarian University, Kazan

zigan66@mail.ru

Semushkin Nikolay Ivanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan

udc.kgau@mail.ru

RESULTS OF TESTS ON THE EFFECT OF POWER AND DURATION OF ULTRASOUND EXPOSURE IN OBTAINING AQUEOUS EXTRACTS FROM PLANT RAW MATERIALS FOR BIOLOGICAL FARMING

Abstract. The article allows us to consider methods of increasing the processing of vegetable raw materials. Studies have shown that ultrasound has a significant effect on the extraction process of rapeseed cake components. The highest yield of dry substances and the highest color is achieved when using ultrasonic exposure under certain parameters: a frequency of 31000 Hz for 12 minutes at a power equal to 100% of 30 watts. An increase in the yield of dry substances by 15-19% and the color of the extract by 12-20% compared to the control was achieved. The use of ultrasonic processing on a production scale is promising.

Key words: rapeseed cake; ultrasonic treatment; parameters of ultrasonic treatment; extraction of vegetable raw materials.

Введение. Эффективность экстракции растительного сырья зависит от интенсивности процесса извлечения целевых химических компонентов. Для повышения выхода компонентов необходимо поддерживать оптимальные значения нескольких факторов: степень измельчения внешних структур сырья, используемый экстрагент, его соотношение с сырьём, температура и продолжительность экстракции, физические воздействия в процессе экстракции, аппаратурное оформление процесса и применение разного плана вспомогательных воздействий.

Однако традиционные факторы оптимизированы и не предоставляют возможности для дополнительной интенсификации процесса. Использование ферментных препаратов может быть перспективным, но требует точной настройки параметров применения и продолжительной предварительной обработки сырья.

Анализ данных показал, что ультразвуковая экстракция при оптимальных параметрах - эффективный метод повышения выхода компонентов растительного сырья.

Объекты и методы исследований. Для исследования был выбран рапсовый жмых (Казанский маслоэкстракционный завод). В экспериментах использовался ультразвуковой излучатель с выходной мощностью 30 Вт и частотой 31 кГц. Сырьё помещалось под излучатель, на расстоянии 2 см. Для экстракции отбирали 50 г сырья и проводили ее в течение 60 минут при соотношении сырья и экстрагента 1:10 при комнатной температуре. Экстрагентом выступала вода с температурой 24°C.

Массовую долю сухих веществ определяли пикнометрическим способом, а оптическую плотность - при длине волны 490 нм.

Результаты использовали в качестве показателей эффективности экстракции.

Результаты и их обсуждение. Для изучения влияния продолжительности воздействия звука на результаты экстракции была варьирована продолжительность в диапазоне от 2 до 16 мин, при сохранении остальных параметров ультразвуковой экстракции. Результаты показателей приведены на рис. 1. Наилучшие результаты экстракции были достигнуты при ультразвуковом воздействии на рапсовый жмых в течение 12 мин. Дальнейшие эксперименты проводились с использованием этой продолжительности воздействия, с установлением требуемых значений прочих параметров ультразвуковой экстракции.

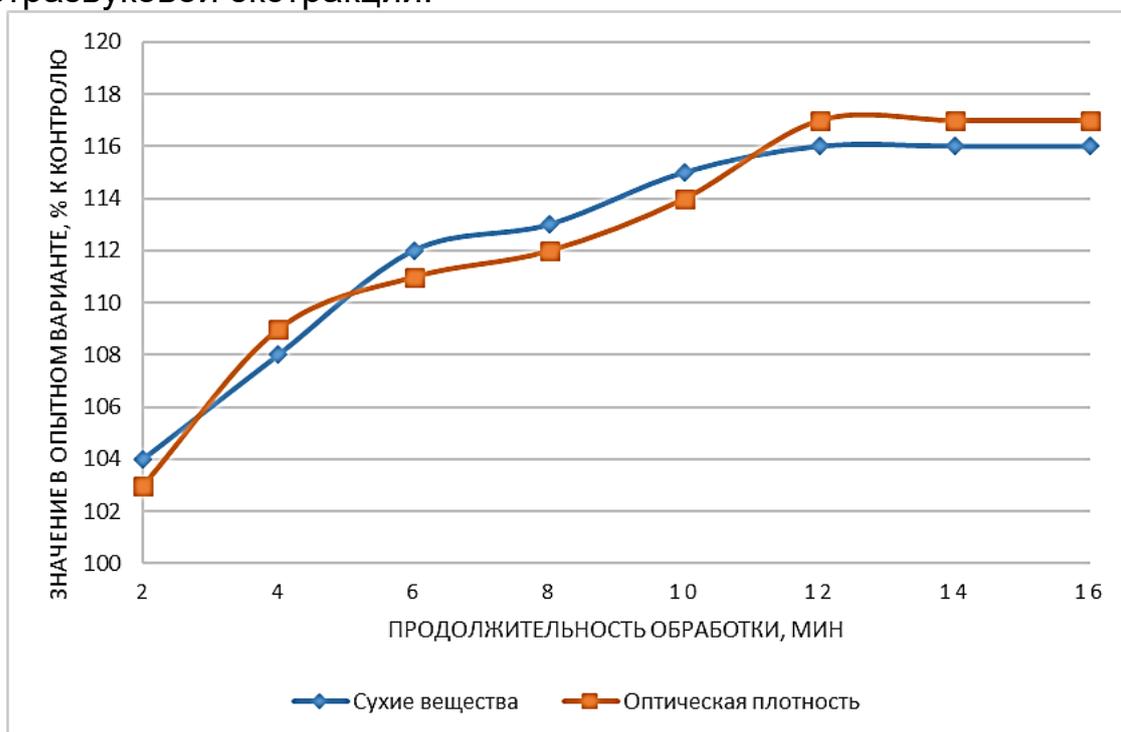


Рисунок 1 – Корреляция содержания сухих веществ и оптической плотности в экстрактах рапсового жмыха от продолжительности ультразвуковой экстракции

В качестве следующего выбрана мощность ультразвука. Ранее описанные эксперименты проводили при мощности источника звука - 60% от 30 Вт. В следующей серии экспериментов варьировали мощность звука, ее значения составляли 40, 60, 80 и 100 % от 30 Вт. Остальные параметры оставались такими же. Результаты представлены на рис. 2, значения показателей опытных вариантов выражены в процентах к аналогичным величинам в контролях тех же экспериментов. Результаты подтвердили, что мощность звука серьезно влияет на результативность ультразвуковой обработки.

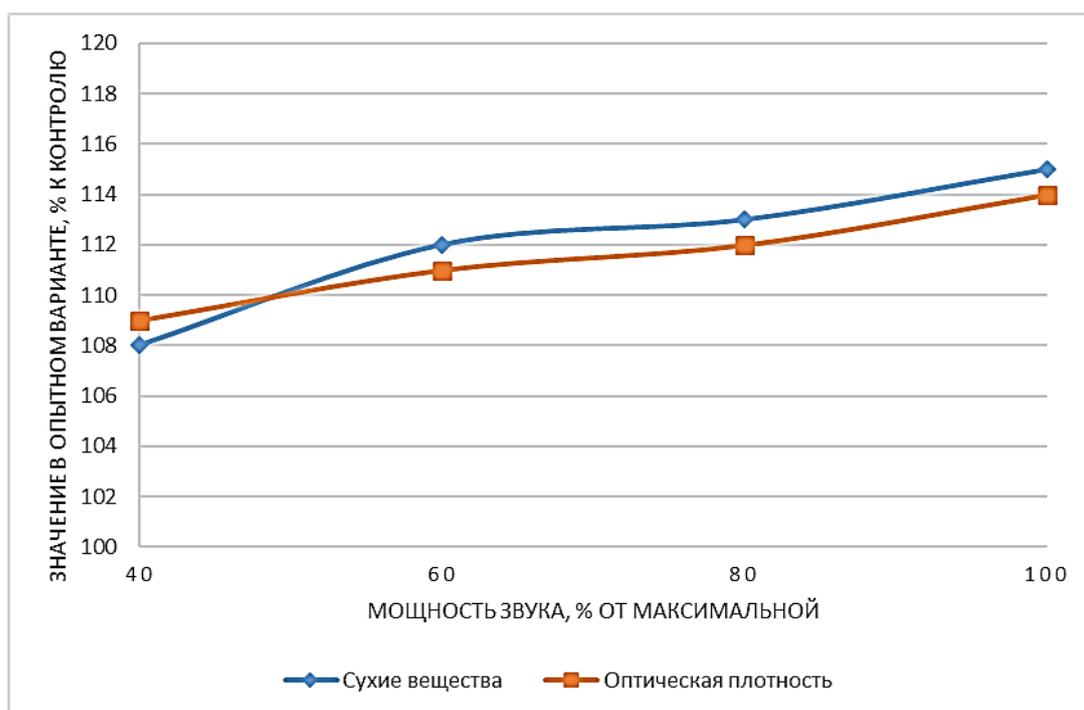


Рисунок 2 – Корреляция содержания сухих веществ и оптической плотности в экстрактах рапсового жмыха от мощности ультразвука, применяемого для ультразвуковой экстракции

Выводы. Исходя из проведенных опытов, можно сделать вывод - использование ультразвуковой обработки при правильной настройке параметров является технологически и экономически эффективным для производства необходимых веществ из растительного сырья в промышленных масштабах.

Литература

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681635 Российская Федерация. Программа расчета технологических и конструктивных параметров оборудования для запаривания исходного сырья при получении растительных экстрактов и вытяжек: № 2022680604: заявл. 01.11.2022: опубли. 16.11.2022 / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин, Д. Н. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».
2. Семушкин, Д. Н. Способ получения водного экстракта из растительного сырья для биологического земледелия / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. – Тула: Издательство "Инновационные технологии", 2023. – С. 8-12.
3. Семушкин, Д. Н. Технология получения растительных вытяжек / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Современное состояние и

перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 489-495.

4. Семушкин, Д. Н. Обзор вентиляционных систем / Д. Н. Семушкин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 311-317.

5. Семушкин, Н. И. Перспективы автоматизации и роботизации технологических процессов в животноводстве / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 231-236.

6. Перспективы использования роботизированных установок в растениеводстве / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, М. Бенело, Д. Н. Семушкин // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 518-524.

7. Семушкин, Д. Н. Технологическая схема получения растительного экстракта / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 291-294.

8. Семушкин, Д. Н. Обзор установок получения растительных экстрактов / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 286-291.

9. Семушкин, Д. Н. Анализ технологий получения растительных экстрактов / Д. Н. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Н. И. Семушкин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня

2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 156-159.

10. Патент на полезную модель № 127322 U1 Российская Федерация, МПК В01D 11/00. Установка получения растительной вытяжки: № 2012141204/05: заявл. 26.09.2012: опубл. 27.04.2013 / С. М. Яхин, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ).

11. Патент № 2269241 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А01С 1/02. Способ фитоэкспертизы семян зерновых культур: № 2003137292/12: заявл. 24.12.2003: опубл. 10.02.2006 / Р. И. Сафин, А. А. Зиганшин, И. А. Борздыко [и др.]; заявитель Казанская государственная сельскохозяйственная академия.

12. Патент № 2452181 С2 Российская Федерация, МПК А01N 65/00, А01N 25/02. Состав для адаптации биопестицидов: № 2010127378/13: заявл. 02.07.2010: опубл. 10.06.2012 / Р. И. Сафин, А. И. Исмаилова, Н. А. Ермаков, Н. И. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО КГАУ).

13. Методологические основы современных агротехнологий растениеводства / М.Ф. Амиров, И.Р. Валеев, А.Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 6-17.

14. Регламент разработки технологических карт в растениеводстве / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 281-283.

15. Агротехнологии полевых кормовых культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 251-280.

16. Агротехнологии технических культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 178-250.

17. Агротехнологии зернобобовых культур и крупяных культур / М. Ф. Амиров, И. Р. Валеев, А. Р. Валиев [и др.] // Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Том Часть 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2014. – С. 141-177.

18. Семушкин, Н. И. Как получить растительную вытяжку / Н. И. Семушкин, Р. Ш. Зияев // Сельский механизатор. – 2009. – № 4. – С. 17.

19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023618275 Российская Федерация. Программа моделирования процесса экстрагирования: № 2023616272: заявл. 04.04.2023: опубл. 20.04.2023 / Н. И. Семушкин, Б. Г. Зиганшин, Д. Н. Семушкин, Д. Н. Семушкин; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет».
20. Федеральные налоги РФ и их роль в экономике / М. М. Залалтдинов, Р. И. Нуриева, А. Ф. Садыкова, И. Ш. Залялиев // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 20 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 30-33. – EDN EMCIAZ.
21. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа / Г. Г. Булгариев, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 3(41). – С. 68-71. – DOI 10.12737/22679. – EDN XQPYHJ.
23. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.
24. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

© Сёмушкин Д.Н., Зиганшин Б.Г., Сёмушкин Н.И. 2023 г.

Фахразиев Ильназ Раифович

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: Fakhraziev_586@mail.ru

Нафиков Инсаф Рафитович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: insaf-82@mail.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ САМОХОДНОГО КОРМОРАЗДАТЧИКА

Аннотация. Рассмотрена возможность переоснащения двигателя внутреннего сгорания самоходного кормораздатчика на электропривод. Приводятся характеристики и требования к электроприводу электрокаркормораздатчика.

Ключевые слова: электропривод, электродвигатель, аккумуляторная батарея, кормораздатчик.

Fakhraziev Ilnaz Raifovich

Student

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: Fakhraziev_586@mail.ru

Nafikov Insaf Rafitovich

Ph.D., associate professor;

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: insaf-82@mail.ru

POSSIBILITY OF APPLICATION OF ELECTRIC DRIVE FOR SELF- PROPELLED FEEDER

Abstract. The possibility of re-equipping the internal combustion engine of a self-propelled feeder with an electric drive is considered. The characteristics and requirements for the electric drive of the electric feeder are given.

Keywords: electric drive, electric motor, storage battery, feeder.

Непомерно высокая стоимость производства и трудоемкое участие человека на фермах могут привести к низкой рентабельности и низкой рентабельности инвестиций. К сожалению, чрезмерное участие человека в системе кормления может привести к вспышкам заболеваний, чрезмерной усталости и истощению [1, 2].

По случаю рассмотрим представляет самоходный кормосмеситель с электроприводом. Аккумуляторно-электрический привод самоходных кормосмесителей снижает выбросы (например,

шум, выхлопные газы) до минимума. В то же время это позволяет фермеру эффективно использовать имеющуюся собственную энергию (фотоэлектрическую энергию, биогаз), тем самым помогая эффективно снизить затраты на электроэнергию и внести дальнейший вклад в устойчивое сельское хозяйство. Агрегаты в стандартной комплектации оснащены вертикальным смесительным шнеком и рассчитаны на полезный объем смешивания 11–16,5 м³, в зависимости от модели [3].

По сравнению с традиционными концепциями, аккумуляторно-электрический самоходный кормосмеситель отличается концепцией децентрализованного привода, что повышает производительность и эффективность всей системы. По функциональности ограничений по сравнению с дизель-гидравлической версией этой машины нет. Система оснащена модульной высоковольтной батареей с жидкостным охлаждением и инновационной системой управления батареями [4, 5]. Для электрификации энергоемких потребителей используются три из четырех электродвигателей – привод смесителя, тяговый привод и привод фрезерования.

Питание вспомогательных потребителей по-прежнему осуществляется электрогидравлически (например, рулевое управление, приведение в действие разгрузочных устройств). Включение этих потребителей в зависимости от потребности и мощности способствует повышению общей эффективности [6]. Один заряд аккумулятора позволяет осуществить подъем, смешивание и выгрузка до 16 т ТМР. В пересчете это 3-4 смеси на в общей сложности до 300 дойных коров. Чтобы иметь возможность использовать часто существующую инфраструктуру зарядки, машина оснащена как встроенным зарядным устройством, так и системой быстрой зарядки, соответствующей кормораздатчик был переоборудован в первую функциональную модель [7, 8].

Благодаря инновационной системе управления батареями и при условии, что фотоэлектрическая система потребляет собственную электроэнергию, батарею можно заряжать, например, около полудня, когда производится наибольшее количество электроэнергии. Двухнаправленная зарядка позволяет использовать батарею в качестве накопителя энергии для высвобождения накопленной электроэнергии вечером или ночью, например, для работы доильных роботов или систем охлаждения молока, когда солнечная энергия не вырабатывается [9, 10].

Энергию можно брать из накопителя энергии до тех пор, пока оставшаяся емкость аккумулятора не станет достаточной для проведения планового кормления на следующий день. Это дает возможность использовать машину в качестве дополнительного накопителя энергии для увеличения доли используемой собственной энергии. Таким образом, самоходная модель с электроприводом становится надежным помощником и партнером в ежедневном

использовании в хозяйстве. даже для небольшого семейного бизнеса. Регулярные работы по техническому обслуживанию и ремонту сведены к минимуму, поскольку весь двигатель, включая все действующие на данный момент компоненты системы очистки выхлопных газов, может быть снят с производства без замены.



Рисунок 1 – Самоходный смеситель-раздатчик кормов ССР-12

Популярный гусеничный кормораздатчик типа ССР-12, например, у данного типа раздатчика кормов используется двигатель внутреннего сгорания с дизельным топливом Д-260 мощностными характеристиками 190 киловатт (рисунок – 1) импортные фирмы, которые занимаются разработкой самоходных смесителей-раздатчиков кормов, но в основном все эти машины оснащены гибридными силовыми двигателями мощностями от 190 до 285 л.с.

Технические, технологические и эксплуатационные требования, предъявляемые к самоходным электрокормораздатчикам:

- агрегаты и насосы для тяговых электродвигателей необходимы выполнять в виде модульных элементов, быстро заимозаменяющихся в время эксплуатации;

- автоматическая защита при выявлении неисправностей в условиях адаптации (исключение проникновения посторонних

- элементов, жидких сред, отсутствие агрессивной адаптации);

- электробезопасности при эксплуатации;

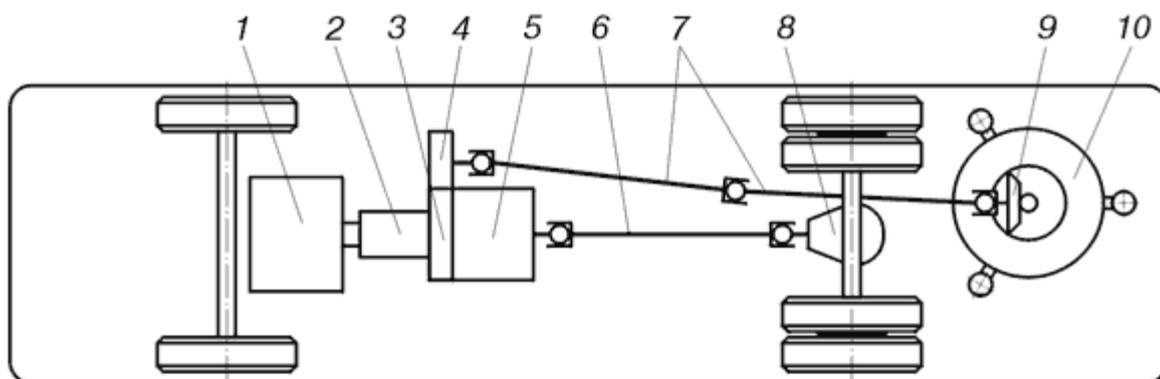
- выносливость при больших температурных перепадах от -400С до +400С.

- емкость аккумуляторов до 500 ампер-часов, время непрерывной работы – 2 часика, напряжение – 48В (вероятна установка сульфат-ионной артиллерии с емкостью преобразователя 167 кВт•ч);

- наличие маховичного преобразователя энергии;

- подзарядка артиллерии во время рекуперативного ускорения электродвигателя.

Электротранспорты для агропромышленного комплекса необходимы быть пред максимально приближены к устройству определённых автотракторных машин [11, 12]. Модернизацию подвергаются также установки силовые с монтажом их на раму для передачи крутящего момента. В дальнейшем это приведет к уменьшению сроков производства агрегатов и машин для сельскохозяйственного назначения и даст возможность улучшения при эксплуатации данного вида техники в разных отраслях АПК. На рисунке 2 вообразена структурная схема электрического агрегата с рекомендуемой системой для электромобилей и электрокаров [13].



1 – источник тока; 2 – электродвигатель; 3 – механизм обратного хода; 4 – коробка с ВОМ; 5 – планетарный дисковый вариатор; 6, 7 – передачи карданные; 8 – главная передача; 9 – зубчатая передача конического типа; 10 – маховичный накопитель.

Рисунок 2– Структурная схема агрегата с электроприводом на шасси

Требования к выбору электромотора [14]:

- механическая оценка электродвигателя нужна максимально соотноситься механической характеристике эксплуатируемой машины.
- электромотор должен информировать приводу нужные величины скорости и ускорения, как при работе, так и при запуске в ход.

Благодаря электроприводу отсутствуют какие-либо вредные выбросы машины (выхлопные газы, шум). С точки зрения защиты животных, а также с точки зрения безопасности труда, этим моментом нельзя пренебрегать. [15].

Гусеничный электрокормораздатчик с питанием от насосной аккумуляторной артиллерии целесообразно исполнять многодвигательным с электроприводом отдельно ходовой половины, измельчителя, блендера, механизма выдачи. Это позволит рассредоточить перегрузку на аккумуляторную артиллерию. В случае с однодвигательным электродвигателем, мощность электромотора будет недоиспользована при многих операциях, а энергия дизельной батареи будет поглощаться в предельном режиме.

Литература

1. Тихонов, И. Н. Перспективы развития электромобилей / И. Н. Тихонов, С. А. Синицкий // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 126-128.
3. Дробилка молотковая безрешетная для измельчения концентрированных кормов / Ф. Ф. Хасанова, И. Р. Нафиков, Ф. Ф. Хасанов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 197-201.
4. Пути повышения эффективности использования двигателей внутреннего сгорания автомобилей и машинно-тракторных агрегатов в условиях эксплуатации / А. К. Юлдашев, В. М. Медведев, С. А. Синицкий, К. М. Латыпов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2007. – № 1(21). – С. 114-116.
5. Kinematics and parameters for spiral-helical machinery unit used for secondary tillage / L. M. Nuriev, S. M. Yakhin, I. I. Aliakberov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 21–22 октября 2019 года. Vol. 488. – Stavropol, 2020. – P. 012051. – DOI 10.1088/1755-1315/488/1/012051.
6. Эффективная система промывки молокопровода / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 28-29.
7. Лукманов Р. Р. Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев [и др.] // Патент на полезную модель RU 184957 U1, 15.11.2018. Заявка № 2018125165 от 09.07.2018.
8. The use of the Mephosphon drug to accelerate the process of biogas output and ripening of organic wastes / Z. Khaliullina, Yu. Shogenov, I. Gayfullin [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00127. – DOI 10.1051/bioconf/20202700127.
9. Синицкий, С. А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.04.02 "Тепловые двигатели": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Синицкий Станислав Александрович. – Казань, 2005. – 210 с.
10. Современное оборудование для доения коров / А. Р. Валиев, Ю. А. Иванов, Б. Г. Зиганшин [и др.]. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань",

2020. – 232с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-4621-6.

11 Синицкий, С. А. Эффективность применения «ультраконденсаторов» в электромобилях / С. А. Синицкий // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 160-162.

12 Тазиев, Р. Р. Анализ применения гибридных автомобилей / Р. Р. Тазиев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 180-182.

13. Лукманов Р. Р. Автоматизированная установка для порционного сбора и транспортировки молока / Р. Р. Лукманов, Р. Р. Мамаев, А. Р. Валиев [и др.] // Патент RU 2751084 С1, 08.07.2021. Заявка № 2020121297 от 22.06.2020.

14. Современное состояние и перспективы развития гибридной генерации в агропромышленном комплексе / А. И. Рудаков, Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, [и др.] // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-139.

15. Лукманов Р. Р. Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев, [и др.] // Патент RU 2681886 С1, 13.03.2019. Заявка № 2018116963 от 07.05.2018.

16. Мокеев, А. С. Автоматизация и электрификация производственной котельной / А. С. Мокеев, И. Р. Нафиков // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 50-54.

17. Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Электрические машины» / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. К. Хусаинов [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 40 с.

18. Рудаков А. И. Горизонтальный смеситель-запарник кормов / А. И. Рудаков, М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов [и др.] // Патент RU 2752996 С1, 11.08.2021. Заявка № 2020129542 от 07.09.2020.

19. Применение установок для получения экологически чистой электроэнергии / И. И. Гильмутдинов, Р. К. Хусаинов, И. Г. Галиев [и др.]

// Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартянова А.П. / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 31-36.

20. Шарифуллин, И. М. технологии приготовления и раздачи кормов на фермах КРС / И. М. Шарифуллин, И. А. Валишин, И. Р. Нафиков // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 257-263.

21. Нафиков, И. Р. Травмирование сельскохозяйственных культур шнековыми рабочими органами / И. Р. Нафиков, М. А. Лушнов, И. А. Валишин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 235-241.

22. Лушнов М. А. Горизонтальный продувочный смеситель-запарник кормов / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Патент на полезную модель RU212130 U1, 07.07.2022. Заявка №2021125003 от 23.08.2021.

23. Салахов, И. М. Основные направления во восстановления и упрочнения режущих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин / И. М. Салахов, Н. Ф. Вафин, Т. Н. Вагизов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 139-145.

24. Совершенствование составов и технологии получения световозвращающих материалов / Т. Н. Вагизов, Н. Я. Галимова, Н. А. Адыева, Э. Э. Шарафутдинова // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019 : материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 12-15.

25. Ахметзянов, Р. Р. Древесина как сырье для подшипников скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Т. Н. Вагизов, А. Р. Ахметзянова // Современные достижения аграрной

науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 200-204.

26. Вагизов, Т. Н. Внедрение информационных технологий для проектирования технологических процессов при производстве, ремонте и сервисном обслуживании сельскохозяйственной техники / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 16-24.

©Фахразиев И.Р., Нафиков И.Р., 2023

Меньшенин Александр Сергеевич

аспирант

Южно-Уральский государственный аграрный университет,

г. Челябинск

jibrifl@gmail.com

Гриценко Александр Владимирович

Доктор технических наук, профессор

Южно-Уральский государственный аграрный университет,

г. Челябинск

alexgrits13@mail.ru

Малькова Елена Вячеславовна

Кандидат технических наук, доцент

Южно-Уральский государственный аграрный университет,

г. Челябинск

lena_v_m@mail.ru

Гималтдинов Ильдус Хафизович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

tskazgau@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОКСИЧНОСТИ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ИХ СВЯЗЬ С КОЭФФИЦИЕНТОМ ИЗБЫТКА ВОЗДУХА

Аннотация: В данной статье исследуется влияние коэффициента избытка воздуха на отработавшие газы ДВС. В работе рассмотрены результаты экспериментов, проведенных на двигателе внутреннего сгорания, которые позволили установить оптимальное значение коэффициента избытка воздуха для снижения концентрации вредных веществ в отработавших газах и повышения мощности двигателя. В статье также рассматриваются методы оптимизации работы двигателя для достижения максимальной эффективности и минимальных выбросов.

Ключевые слова: коэффициент избытка воздуха, отработавшие газы, ДВС, мощность, выбросы, оптимизация работы.

Menshenin Alexander Sergeevich

graduate student

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk

jibrifl@gmail.com

Gritsenko Alexander Vladimirovich

Doctor of Technical Sciences, Professor

South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk

alexgrits13@mail.ru

Malkova Elena Vyacheslavovna

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk
lena_v_m@mail.ru*

Gimaltdinov Ildus Khafizovich

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
tskazgau@mail.ru*

STUDY OF THE TOXICITY PARAMETERS OF INTERNAL COMBUSTION PETROL ENGINES AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE EXCESS AIR COEFFICIENT

Annotation: The paper investigates the influence of excess air ratio on exhaust gases of internal combustion engines. The paper considers the results of experiments carried out on an internal combustion engine, which made it possible to determine the optimum value of the excess air ratio to reduce the concentration of harmful substances in exhaust gases and increase engine output. The paper also discusses methods of optimizing engine operation for maximum efficiency and minimum emissions.

Key words: excess air ratio, exhaust gases, internal combustion engine, power, emissions, performance optimisation.

Актуальность. Основной проблемой эксплуатации автотракторных средств является снижение надежности, вызванное действием множества факторов [1...3]. В частности, наибольший процент отказов возникает в системе топливоподачи [4...6]. Главным образом, это связано с изменением пропорции подаваемой смеси воздух-топливо. Современные автомобильные двигатели, как правило, работают на смеси топлива и воздуха. Концентрация основных компонентов отработавших газов, таких как углекислый газ (CO_2), оксиды азота (NO_x), углеводороды (СН) и частицы, могут сильно варьировать в зависимости от различных факторов, [7...9]. Существенное влияние на концентрацию отработавших газов оказывает состав топливно-воздушной смеси, который определяется коэффициентом избытка воздуха.

Согласно отчету Международного агентства по энергетике, в 2020 году объем продаж легковых автомобилей составил более 64 миллионов единиц по всему миру. С увеличением числа автомобилей на дорогах, экологические проблемы, связанные с выбросами отработавших газов в атмосферу при работе двигателя, становятся все более актуальными [10...13].

Целью данной статьи является исследование параметров токсичности бензиновых двигателей внутреннего сгорания и их связь с коэффициентом избытка воздуха.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть особенности влияния состава топливно-воздушной смеси на концентрацию токсичности в выхлопе.
2. Исследовать возможности использования систем очистки отработавших газов и более экологичных видов топлива для снижения вредных выбросов и повышения эффективности работы двигателя.
3. Рассмотреть перспективы использования новых технологий и материалов для снижения вредных выбросов и улучшения эффективности работы двигателя.
4. Предложить рекомендации для оптимизации коэффициента избытка воздуха и улучшения экологичности и эффективности работы двигателя на основе результатов исследования.

Материалы и методы. Коэффициент избытка воздуха α определяет соотношение компонентов необходимого количественного состава топливно-воздушной смеси для надежного прохождения процесса воспламенения и сгорания топлива, [14, 15]. Если $\alpha=1$, то смесь топлива и воздуха является стехиометрической, оптимальной для реализации максимальной мощности и приемлемой экономичности. Если $\alpha>1$, то смесь является обогащенной воздухом, а если он меньше 1, то смесь является богатой, т.е. обедненной воздухом.

Проведем анализ зависимости концентрации основных компонентов отработавших газов, а также мощности ДВС от коэффициента избытка воздуха на рисунке 1.

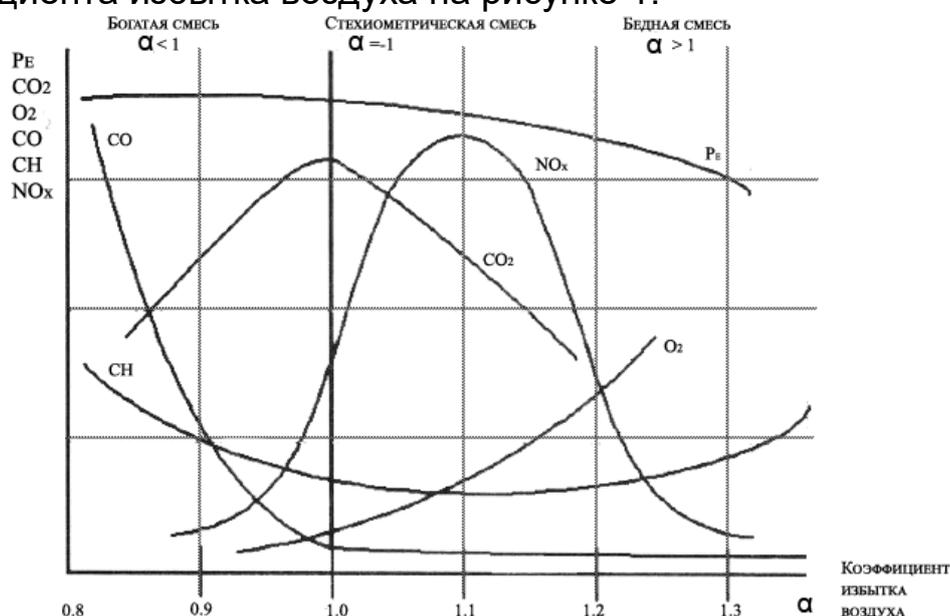


Рисунок 1 – Анализ зависимости концентрации основных компонентов отработавших газов и мощности двигателя от коэффициента избытка воздуха

Как видно из рисунка 1 все поле зависимости разбито на 3 участка: 1 – богатая смесь при $\alpha < 1$; 2 – сбалансированный стехиометрический состав смеси при $\alpha = 1$; 3 – зона бедной смеси при $\alpha > 1$.

Из графика следует, что мощность, принимая максимальные значения в зоне богатых смесей постепенно уменьшается по мере смещения в сторону бедных смесей, объясняется это ростом концентрации свободного кислорода, и одновременно малым количеством подаваемого топлива. В условиях бедной смеси замедляются реакции процесса сгорания, образуются зоны и небольшие периферийные участки камеры сгорания, где процесс сгорания может весомерно нарушаться, дальнейшее переобеднение за диапазон $\alpha = 1 \dots 1,3$ приводит к границе возможности воспламенения топливно-воздушной смеси (ТВС), где процесс сгорания невозможен.

Проведем анализ отдельных составляющих токсичности, как видно из рисунка 1 показатель СО достигает максимальных значений в зоне богатых смесей при $\alpha < 1$ и резко снижается по мере приближения к точке $\alpha = 1$. После чего обнаруживается незаметное, почти линейное снижение СО во всем диапазоне до границ предела воспламеняемости ТВС. При современном уровне развития антитоксичных систем определенную сложность для качественного преобразования отработавших газов имеет начальная характеристика, когда возможно отсутствие обратной связи или отсутствуют условия для качественного процесса сгорания, однако дальнейший диапазон изменения α от 0,9 до 1,3 сопровождается максимальной эффективностью преобразования СО (выше 90%), поэтому в последнее время при разработке новых экологических стандартов рассматриваются другие параметры токсичности, такие как CO_2 и NO .

Как видно из рисунка 1 показатель CO_2 , принимая некоторый минимум в зоне богатых смесей динамично возрастает к точке, соответствующей $\alpha = 1$. Где показатель CO_2 принимает максимально возможное значение. Соответственно преимущественная работа двигателя при $\alpha = 1$ сопровождается повышенной концентрацией выброса CO_2 и высокой нагрузкой, в частности каталитического нейтрализатора, который работает на пределе возможностей преобразования этого компонента. Показатель CO_2 в циклах испытания определяется как удельный показатель грамм CO_2 на километр пройденного пути. Сегодняшние нормативы по концентрации CO_2 смещаются к отметке 25...30 г/км. После прохождения точки $\alpha = 1$ наблюдается тренд быстрого снижения CO_2 до границ предела воспламенения ТВС.

Вторым наиболее важным и контролируемым на сегодня показателем является NO . В последние 10 лет этот параметр вышел на первое место среди всех основных показателей токсичности ОГ. В первую очередь внимание к выбросам NO было сделано в 1990-2000 годах, когда формировался тренд создания и разработки ДВС работающих в зоне бедных и сверхбедных смесей на высокооктановых бензинах при более высоких степенях сжатия. На дизелях, например, для дезактивации NO в обязательном порядке используется система

Adblue. На бензиновых ДВС для этой цели применяется многокомпонентный составной каталитический нейтрализатор, однако, как и в случае CO_2 , катализатор работает на пределе своих возможностей при преобразовании NO в зоне бедных-сверхбедных смесей. Рост температуры процесса сгорания, давления внутри камеры сгорания, связанного с нагарообразованием, увеличение степени сжатия содействуют росту NO . Поэтому в эксплуатации важно контролировать правильность процесса смесеобразования и сгорания за весь жизненный цикл автотранспортного средства. В последнее время на новейшие автотранспортные средства устанавливаются датчики контроля концентрации NO , позволяющие наблюдать за динамикой изменения этого показателя в режиме реального времени, однако, и сам датчик требует контроля и эталонирования, иначе будет неправильно скорректирована работа систем ДВС. Тенденции последнего времени указывают на оснащение ДВС отдельными коллекторами и индивидуальными датчиками контроля NO , O_2 , возможно оснащение автотракторного средства встроенной системой многокомпонентного газоанализа в режиме реального времени. Но так как стоимость многокомпонентного газоанализатора составляет на сегодня 100 - 130 тыс. рублей и необходимость постоянного эталонирования пока затрудняют применение данного вида контроля на автотранспортных средствах. При этом датчики NO и O_2 на сегодня подешевели, стоят в пределах 500 - 3500 рублей в зависимости от исполнения, поэтому индивидуальный контроль NO и O_2 находит применение как дешевый метод коррекции смесеобразования и воздействия на процесс сгорания. В перспективе будут применяться портативные многокомпонентные газоанализаторы с возможностью многокомпонентного анализа и управления мощностью автотранспортного средства.

Также существенное влияние на количественное содержание выбросов ОГ оказывает качество используемого топлива. Рассмотрим график зависимости по статистике NO (рисунок 2).

На рисунке 2 мы видим различные варианты реализации характеристик предрасположенности к накоплению NO от пройденного километража автотранспортного средства. Как видно вариант работы двигателя на 95 бензине показывает худший вариант по способности к снижению NO по сравнению к маркам бензинов с более высоким октановым числом. Как видно, начало пробега характеризуется одинаковым уровнем эффективности преобразования NO каталитическим нейтрализатором, но по мере увеличения пробега обнаруживается существенная разница. Так наибольшую техническую-технологическую способность к преобразованию NO обнаруживает двигатель, работающий на бензине с ИОЧ 99. У бензина 99 изначально обеспечивается высокая стойкость к детонационному сгоранию, дополнительными присадками обеспечивается увеличение времени

процесса сгорания и мягкость характеристики процесса нарастания давления поршневых газов. С учетом сказанного, при более высокой степени сжатия, данное бензиновое топливо при предельных нагрузках может сгорать при обеспечении приемлемых условий температурного процесса сгорания. Сдерживание максимального значения критической температуры процесса сгорания позволяет контролировать эффективность работы каталитического нейтрализатора и поддерживать степень преобразования NO на уровне не ниже 80%.

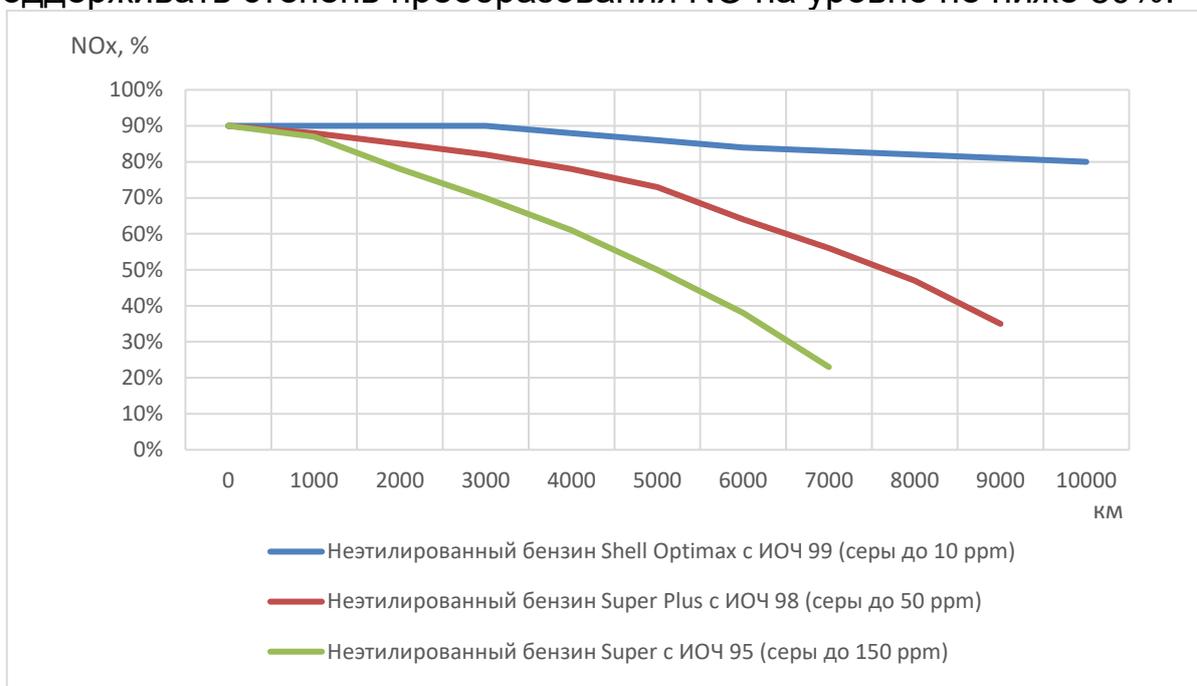


Рисунок 2 – Техническая и технологическая способность автотранспортного средства к снижению уровню выбросов компонента отработавших газов NO в зависимости от пробега при варьировании различных типов бензинового топлива

Как видно из рисунка 2 бензин с ИОЧ 98 с увеличением пробега не позволяет обеспечить высокий процент переработки NO. Это связано с ростом температуры процесса сгорания в зоне нормальных и бедных смесей. Удержать уровень эффективности выше 80% сложно, так как образуется налет на электродах свечей зажигания, на элементах камеры сгорания, противодействующий отведению тепла из зоны процесса сгорания, при этом быстрее загрязняется и теряет свойства моторное масло, продукты налета и неполного сгорания обеспечивают повышенный износ и забивание фильтров, наличие серы концентрацией до 50 млн⁻¹ приводит к увеличенному формированию остатков продуктов сгорания и агрессивных компонентов, способствующих роста износа. Наименьшую эффективность к преобразованию NO обнаруживает двигатель с каталитическим нейтрализатором, работающий на бензине с ИОЧ 95. Как видно из рисунка 2 на 7000 км пробега степень эффективности преобразования

NO снижается ниже 30%, и как правило дальнейшее использование масла с накопленными продуктами износа приводит к усиленному износу. С точки зрения наибольшей эффективности переработки NO нужно стремиться к переводу ДВС на более высокие октановые числа бензинов, что обеспечит стабильную во времени характеристику каталитического нейтрализатора по степени преобразования NO и других канцерогенных элементов ОГ. Кроме того, помимо повышения октанового числа бензинов требуется жесткое снижение процента серы до 10 млн^{-1} . Комплексное решение вопроса с высокооктановым бензином, снижением серы в бензине, повышение степени сжатия, использование многокомпонентных каталитических нейтрализаторов позволяет эффективно преобразовывать опасные компоненты ОГ в течении межпробеговых промежутков до выработки ресурса двигателя. Указанные мероприятия позволят продлить срок службы каталитических нейтрализаторов, моторных масел, свечей зажигания, топливных и воздушных фильтров и других расходных материалов, что повысит сроки эксплуатации автотранспортного средства до очередного ТО. Соответственно, снизит затраты на эксплуатацию автотранспортного средства на единичный пробег за весь период эксплуатации.

Заключение

Таким образом, мы видим, как коэффициент избытка воздуха существенно влияет на концентрацию основных компонентов отработавших газов и мощность ДВС, а также качество топлива оказывает влияние на отработавшие газы.

Для обеспечения наилучшей работы двигателя необходимо оптимизировать коэффициент избытка воздуха, выбирая его в зависимости от режима работы двигателя и требуемых показателей эффективности и экологичности. Оптимизация коэффициента избытка воздуха может быть достигнута с помощью использования современных систем управления двигателем, таких как система впрыска топлива и система рециркуляции отработавших газов.

Кроме того, для снижения вредных выбросов и повышения эффективности сгорания топлива также могут использоваться другие технологии, такие как системы очистки отработавших газов и использование более экологичных видов топлива, например, биотоплива.

Оптимизация коэффициента избытка воздуха с помощью современных систем управления двигателем и других технологий позволяет снизить вредные выбросы и повысить эффективность работы двигателя.

Литература

1. Исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления / А. В. Гриценко, А. М.

Плаксин, К. В. Глемба, Ф. Н. Граков, Н. Е. Кошелев, А. Ю. Бурцев, И. Г. Ганиев // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-4. – С. 749-753.

2. Синицкий, С. А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.04.02 "Тепловые двигатели": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Синицкий Станислав Александрович. – Казань, 2005. – 210 с.

3. Мухаметзянов, Р. Р. Анализ нагрузки двигателей тракторов и автомобилей в условиях эксплуатации / Р. Р. Мухаметзянов, С. А. Синицкий, Е. С. Синицкая // *Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года*. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 248-254.

4. Диагностирование электрических бензиновых насосов по комплексным выходным параметрам / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, К. В. Глемба, Д. Д. Бакайкин, С. П. Хвостов, Д. А. Абросимов, К. А. Цыганов, Д. Б. Власов // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-12. – С. 2610-2614.

5. Исследование способа повышения экологичности и экономичности автотранспорта на тестовых режимах холостого хода работы двигателя внутреннего сгорания / А. В. Гриценко, К. В. Глемба, О. Н. Ларин, С. С. Куков, Д. Д. Бакайкин // *Транспорт Урала*. – 2016. – № 1(48). – С. 97-102. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-1-97-102.

6. Технология и методы диагностирования топливных насосов: учебное пособие / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, А. В. Старунов, С. Д. Шепелёв, Д. Б. Власов, Д. Д. Бакайкин, И. Х. Гималтдинов, А. А. Мухаметшин // *Челябинск: Южно-Уральский государственный аграрный университет*. – 2022. – 100 с.

7. Ways to reduce carbon dioxide emissions from arable machinery and tractor units / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // *BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources"*, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDPSciences, 2022. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20225200025.

8. Синицкий, С. А. Влияние подачи воздуха в двигатель на его показатели с учетом неустановившейся нагрузки / С. А. Синицкий, Е. С. Синицкая, Р. Р. Лукманов // *Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года*. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 121-126.

9. Синицкая, Е. С. Методика исследования токсичности отработавших газов двигателей машинно-тракторных агрегатов в динамических режимах работы / Е. С. Синицкая, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 118-122.
10. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021) : Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
11. Пути снижения выброса в атмосферу диоксида углерода на производственных процессах в растениеводстве / Р. Н. Хафизов, Ф. Х. Халиуллин, К. А. Хафизов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 3(63). – С. 38-42. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-38-42.
12. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдилов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
13. Хаматов, Ф. И. Обзор конструкций топливных фильтров / Ф. И. Хаматов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 84-88.
14. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.
15. Синицкий, С. А. Разработка автоматизированного комплекса сбора и обработки данных при динамических исследованиях двигателя МТА / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 156-159.

17. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45–56. – EDN MVHRCA.
18. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12–23. – EDN LLSORB.
19. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.
20. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.
21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© *Меньшенин А.С., Гриценко А.В., Малькова Е.В., Гималтдинов И.Х.*

Сабиров Булат Миннефаилевич

*Ассистент кафедры машин и оборудования в агробизнесе;
e-mail: sabbm5@mail.ru*

Пополднев Родион Сергеевич

*Соискатель кафедры машин и оборудования в агробизнесе;
e-mail: popoldnev@mail.ru*

Зиганшин Булат Гусманович

*Доктор технических наук, профессор, профессор РАН;
e-mail: zigan66@mail.ru*

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ

Аннотация. Приведён обзор проблем современного кормопроизводства страны и основных вызовов, стоящих перед отраслью. Показано, что кормопроизводство - одна из наиболее масштабных отраслей сельскохозяйственного производства с большим разнообразием задач, решаемых в рамках обеспечения животных качественным кормом.

Ключевые слова: корм, кормовая база, динамика, сельское хозяйство, продовольственная безопасность

Sabirov Bulat Minnefailevich

*Assistant of the Department of Machinery and Equipment in
Agribusiness;
e-mail: sabbm5@mail.ru*

Popoldnev Rodion Sergeevich

*Applicant for the Department of Machinery and Equipment in
Agribusiness;
e-mail: popoldnev@mail.ru*

Ziganshin Bulat Gusmanovich

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the RAS;
e-mail: zigan66@mail.ru
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia*

TREND IN THE DEVELOPMENT OF FORAGE PRODUCTION IN RUSSIA

Abstract. An overview of the problems of modern fodder production in the country and the main challenges facing the industry is given. It is shown that fodder production is one of the largest branches of agricultural production with a wide variety of tasks solved in the framework of providing animals with high-quality fodder.

Key words: fodder, fodder base, dynamics, agriculture, food security

На сегодняшний день сельское хозяйство является одним из быстрорастущих сегментов экономики России. Этот сектор условно состоит из животноводства и растениеводства. Между собой они тесно связаны. Во многих частях нашей страны содержать сельскохозяйственных животных без применения кормов, реализованных человеком, практически невозможно.

Кормопроизводство, которая включает в себя производство, заготовку и хранение кормов, является самой большой и масштабной отраслью растениеводства [1, 2]. Оно в себя включает такие основные направления, как: селекция, полевое кормопроизводство, луговое хозяйство. Растения - основная кормовая база для сельскохозяйственных предприятий. В свою очередь производство кормов является одной из важнейших и ведущих частей растениеводства. На них расходуется больше половины всех ресурсов данной отрасли. Если измерять в тоннах, то валовое производство этого продукта значительно превышает производство любого другого растительного продукта [3...5]. К этим ресурсам относятся посевные площади, человеко-часы, семена, топливо, удобрения, расходы на технику, удобрения. Значение этих расходов может показаться преувеличенным. Однако стоит помнить, что при кормлении животных используется не только сено, свежая трава, но и сенаж, силос и другая растительная продукция.

По оценкам специалистов, товарные характеристики сельскохозяйственных животных на 25-30% зависят от генетической направленности и на 15-20 % от условий содержания. Здесь можно отметить такие показатели как, удои, выход мяса, качество шкур и т.д.

Из этого следует, что для функционирования эффективного животноводческого дела необходимо создать прочную кормовую базу, которая обеспечила бы снабжение фермы качественными кормами [6].

Кормовая база должна отвечать следующим требованиям: обеспечение полноценными и непрерывными кормами для важнейших видов животных; сохранение вида и группы животных и обеспечение полноценным рационом в фазе развития (уход за молодняком, питание, содержание продуктивных животных и сухостойных коров).

В развитии сельскохозяйственного производства немаловажную роль играет разработка научных направлений кормопроизводства, которые в полной мере должны учитываться в специфических условиях каждой природной зоны, страны, района, хозяйства [7...9]. Это обеспечивает максимальную совместимость и соответствие развития кормопроизводства, земледелия и животноводства природным условиям и качеству почвы.

Корма классифицируются на три группы: животные, растительные и минеральные [10, 11]. Корма животного происхождения подразделяются на две группы: молоко и отходы его переработки (сыворожка, обрат) и мясная, костная, рыбная мука. К кормам растительного происхождения относятся четыре группы: сочные

(картофель, жом, силос), зеленые (зеленая подкормка, травы), концентрированные (жмых, комбикорма), грубые (сенаж, сено) [12].

При помощи кормопроизводства животноводство получает корма, растениеводство и земледелие тоже имеют свою немалую долю - эффективные севообороты и повышение урожайности зерновых и других культур, также повышение плодородия почв. Основным объединяющим, соединяющим связывающим в растениеводство и животноводство, экологию и земледелие является кормопроизводство, которые в свою очередь поддерживает необходимый баланс в сельском хозяйстве [13...15]. Кормопроизводство обеспечивает эффективность и устойчивость всего сельского хозяйства России. Чтобы понять примерные цифры о состоянии кормопроизводства в России, рассмотрим данные о размере посевных площадей по версии ТАСС.

По данным Росстата за 2022 год, на зерновые и зернобобовые культуры пришлось 57,9% посевных площадей, в том числе на озимые пришлось 22,4% площадей, на яровые - 36,5%. Площадь зерновых и зернобобовых за год выросла на 1%, до 47 млн га. В том числе площадь пшеницы выросла на 2,4%, до 29,5 млн га. Площадь ржи снизилась на 13,7%, до 906 тыс. га. Площадь ячменя снизилась на 3,6% и составила чуть менее 8 млн га. Площади под сахарной свеклой выросли на 2%, до 1,027 млн га. Площади масличных культур выросла на 13,4%, до 18,6 млн га, площади подсолнечника - на 4,6%, до более чем 10 млн га [16, 17]. По сравнению с данными за 2021 год размер посевных площадей под урожай вырос на 2,6%.

Но, несмотря на такие цифры, в настоящее время в сельском хозяйстве России кормопроизводству уделяется не особо осязаемое внимание. Все же имеются проблемы, которые препятствуют развитию АПК, разрушающие сельскохозяйственные земли и обеспечение продовольственной безопасности страны [18, 19]. Основным по кормозаготовке можно отнести: недостаточный объем продукции растениеводства и его неустойчивость; недостаточное оснащение машинно-тракторного парка, нехватка финансовых ресурсов и т.д.

Также, проблемы, с которыми сталкиваются сельхозпредприятия во время кормозаготовки, могут быть связаны с неблагоприятными погодными условиями: жара и засуха, продолжительные осадки, низкая температура [20, 21]. Противостоять этим факторам бывает сложно, а последствия могут быть плачевными: корма оказываются низкого качества, потери значительными, а количество заготовленного корма существенно меньше потребностей. В этой ситуации может помочь переходящий запасной фонд кормов, который может составлять 20-40% от общего объема. Ежегодно формирование этого фонда требует повышенных требований к качеству приготовления и консервирования кормов: с тем чтобы корм в процессе длительного хранения не стал непригодным для использования. Поломка кормозаготовительной техники является серьезной проблемой. Если это случается во время

разгара сезонной работы, требуется незамедлительно предпринять какие-либо действия. Например, когда в предприятии имеется только одна единица ключевого агрегата (допустим, это будет зерноуборочный комбайн, выход из строя, которого может обернуться длительным простоем), решением является наличие хорошей организованной инженерной службы или же определенный резерв самой техники вне или в предприятии [22]. Отсутствие или недостаточный контроль за определенной операцией в процессе кормопроизводства является еще одной проблемой. Лучшие результаты можно достигнуть тогда, когда специалисты имеют необходимую квалификацию, обладают опытом, подготовкой и высокой ответственностью. А хозяйства, в которых ведут трудовую деятельность эти специалисты, должны иметь соответствующее техническое оборудование.

В России природные кормовые угодья являются одним из важнейших источников зеленых кормов и сена. Из-за ухудшения качества земель год за годом их площадь необходимо улучшать, применять новые технологии по обработке почвы. Анализ оценки качества земель таков: 35% кормовых угодий эродировано, 24% имеют повышенную влажность и заболоченность, 39 засолены, 10% каменистые, более 30% подвержены воздействию вредителей и болезней. Также из-за отсутствия необходимого количества удобрений, подпочвенного улучшения наблюдается пониженная продуктивность пастбищ и лугов [23, 24]. Эти факторы, в частности, отсутствие рационального использования, ухода и улучшения ведут к существенному снижению урожайности более чем в 3-4 раза. Из-за этого, соответственно, уменьшается и количество получаемых кормов. Но это не повод опускать руки. В данное время ученые не только пытаются найти решение с проблемой низкого качества земель, но и создают новые и модифицируют имеющиеся сельскохозяйственные растения под определенные климатические условия и под определенную почву [25, 26].

Так, например, создание селекционерами качественных, скороспелых, зимостойких кормовых культур в значительной степени способствовало решению проблемы посева кормовых растений, наиболее актуальной для территории России с ее ограниченными тепловыми ресурсами.

Таким образом, можно сделать вывод, что наука не стоит на месте, и совершенствуются нынешние технологии производства кормов и появляются новые.

Литература

1. Сабилов, Б. М. Мукомольные свойства зерна ржи и пшеницы / Б. М. Сабилов // Трансформация АПК: цифровые и инновационные технологии в производстве и образовании: Сборник материалов

- Национальной научно-практической конференции с международным участием, Омск, 30 марта 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 202-205.
2. Цифровой мобильный контрольный стенд / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. К. Хусаинов [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 16 с.
 3. Dmitriev, A. V. Study of efficiency of peeling machine with variable deck / A. Dmitriev, B. Ziganshin, D. Khaliullin, A. Aleshkin // Engineering for Rural Development: 19. – Jelgava, 2020. – P. 1053-1058. – DOI 10.22616/erdev.2020.19.tf249.
 4. Лушнов, М.А. Автоматизация процесса послеуборочной сушки зерна / М.А. Лушнов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 128-131.
 5. Сабиров, Б. М. Методика определения средней силы удара для разрушения зерна пшеницы / Б. М. Сабиров // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 195-200.
 6. Анализ теоретических исследований производительности шестеренчатых вакуумных насосов / Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Гайнутдинов, Т. Р. Нуриахметов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 155-160.
 7. Сахарова, В. В. Исследование существующих конструкций измельчителей сочных кормов / В. В. Сахарова // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 263-270.
 8. Ахметшин, Р. К. Обзор и тенденции развития современных доильных аппаратов / Р. К. Ахметшин, И. И. Кашапов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, Гайнанова Х.С – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 16-21.
 9. Рудаков, А. И. Развитие технических средств для приготовления кормосмесей в животноводстве / А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ,

профессора Гайнанова Х.С.– Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 126-132.

10. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.

11. Пополднев, Р. С. Обзор конструкций измельчителей кормов / Р. С. Пополднев, Б. М. Сабиров // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 13-22.

12. Патент № 2788535 С1 Российская Федерация, МПК А01F 29/00. измельчитель-смеситель кормов: № 2022105492: заявл. 28.02.2022: опубл. 23.01.2023 / Р. С. Пополднев, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

13. Зиганшин Б. Г. Двухроторный вакуумный насос / Б. Г. Зиганшин, И. И. Кашапов, Р. Р. Гайнутдинов [и др.] // Патент на полезную модель № 127837 U1 Российская Федерация, МПК F04C 25/02. опубл. 10.05.2013.

14. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа DMC (долотообразный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 115-121.

15. Лушнов, М. А. Тепловая обработка насыщенным паром влажных кормов в горизонтальном смесителе-запарнике / М.А. Лушнов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 92-97.

16. Фокин, А. И. Пути повышения эффективности молочного производства / А. И. Фокин, Д. Т. Халиуллин, И. И. Кашапов // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и

возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 578-586.

17. Droplet size of virocid disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.

18. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

19. Лукманов, Р. Р. Аналитический метод расчета некоторых технологических параметров манипулятора доильного аппарата / Р. Р. Лукманов, И. Е. Волков, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6. – № 1(19). – С. 103-104.

20. Кашапов, И. И. Современные роботизированные доильные установки / И. И. Кашапов, Б. Л. Иванов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, Гайнанова Х.С – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 104-109

21. Хасанов, И. А. Разработка и исследования дискового рабочего органа окучника / И. А. Хасанов, И. Р. Нафиков, Р. К. Хусаинов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора Мазитова Н. К. / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 183-188.

22. Халиуллин, Д. Т. Современные технологии производства комбикормов / Д. Т. Халиуллин, М. Р. Хадиев, Б. И. Гарифуллин, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 267-273.

23. Гильмуллин, И. Т. Разработка машины для дробления зерна / И. Т. Гильмуллин, И. А. Саляхов, И. Р. Нафиков // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. –

Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 53-58.

24. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

25. Зиганшин, Б. Г. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополднеев // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 121-126.

26. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.

© Сабиров Б. М., Пополднеев Р. С., Зиганшин Б. Г., 2023

Лукиянов Владислав Владимирович

Инженер

Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары

3777222@bk.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МОБИЛЬНОЙ ХМЕЛЕСУШИЛКИ

Аннотация: В современном мире цифровые технологии активно используются в различных сферах деятельности, включая сельское хозяйство. Одной из таких областей является производство пива, где цифровая модернизация может быть применена для повышения эффективности использования мобильных хмелесушилок. В данной статье будет рассмотрено применение цифровой модернизации для эффективной эксплуатации мобильной хмелесушилки.

Ключевые слова: хмель, сушка хмеля, цифровизация, механизация.

Vladislav V. Lukiyanov

Engineer

Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russia

3777222@bk.ru

APPLICATION OF DIGITAL UPGRADE FOR EFFICIENT OPERATION OF A MOBILE HOP DRYER

Abstract: In the modern world, digital technologies are actively used in various fields of activity, including agriculture. One such area is beer production, where digital upgrading can be applied to improve the efficiency of mobile hop dryers. This article will consider the use of digital modernization for the efficient operation of a mobile hop dryer.

Key words: hop, hop drying, digitalization, mechanization.

Хмель является важным сырьем для производства пива, поэтому Мобильная хмелесушилка - это устройство, используемое для сушки хмеля в производстве пива. В процессе сушки хмеля выделяется влага, которая должна быть удалена, чтобы сохранить качество хмеля. Однако, для эффективной работы мобильной хмелесушки необходимо учитывать ряд факторов, таких как температура, влажность и скорость воздушного потока, которые должны быть оптимальными для каждого конкретного вида хмеля.

В настоящее время, цифровые технологии могут быть применены для мониторинга и контроля этих факторов. Например, датчики температуры и влажности могут быть установлены на мобильной хмелесушилке для автоматического регулирования температуры и влажности. Это позволит добиться оптимальных условий сушки хмеля

и уменьшить вероятность его повреждения. Стоит отметить, что имеющиеся хмелесушилки, как и используемые для прочих сельскохозяйственных продуктов, характеризуются невысокой эффективностью выполнения технологического процесса в реальных производственных условиях и должны обладать комплексом цифровых датчиков для контроля и корректировки во время работы [1...4].

Кроме того, цифровые технологии могут быть использованы для сбора и анализа данных о работе мобильной хмелесушилки. Например, с помощью датчиков и системы мониторинга можно собирать данные о температуре, влажности, скорости воздушного потока и других параметрах. Эти данные могут быть использованы для оптимизации работы мобильной хмелесушилки и улучшения ее эффективности.

Более того, цифровые технологии могут быть использованы для управления мобильной хмелесушилкой на расстоянии. Например, оператор мобильной хмелесушилки может использовать мобильное приложение для мониторинга и управления работой устройства, даже если он находится в другом месте.

Таким образом, можно сделать вывод, что необходима цифровая адаптация оборудования выходных узлов мобильной хмелесушилки [5,6]. Цифровые технологии служат для оптимизации автоматического сбора шишек с лоз хмеля.

Это особенно полезно в случае аварийных ситуаций, когда оператор может быстро отреагировать на проблемы и принять соответствующие меры.

Кроме того, цифровая модернизация может быть применена для оптимизации процесса сбора и хранения данных о работе мобильной хмелесушки. Например, данные могут быть сохранены в облаке и анализироваться с помощью алгоритмов машинного обучения для выявления оптимальных условий сушки хмеля и улучшения производительности устройства. Это также может помочь улучшить качество производимого хмеля и снизить затраты на его производство.

Важным преимуществом цифровой модернизации является возможность мониторинга и контроля работы мобильной хмелесушки в режиме реального времени. Это позволяет операторам быстро реагировать на изменения условий сушки и принимать меры для предотвращения повреждения хмеля. Цифровую трансформацию блока управления мобильной хмелесушилкой предлагается осуществить с помощью комбинации приборов и устройств, показанной на рисунке 1.

Применение цифровых технологий в сушке хмеля позволяет повысить эффективность производственного процесса и улучшить качество уборки. Например, автоматизация процесса сушки хмеля позволяет снизить количество ошибок и уменьшить количество ручного труда, что в свою очередь повышает скорость выполнения работ и снижает затраты на персонал.

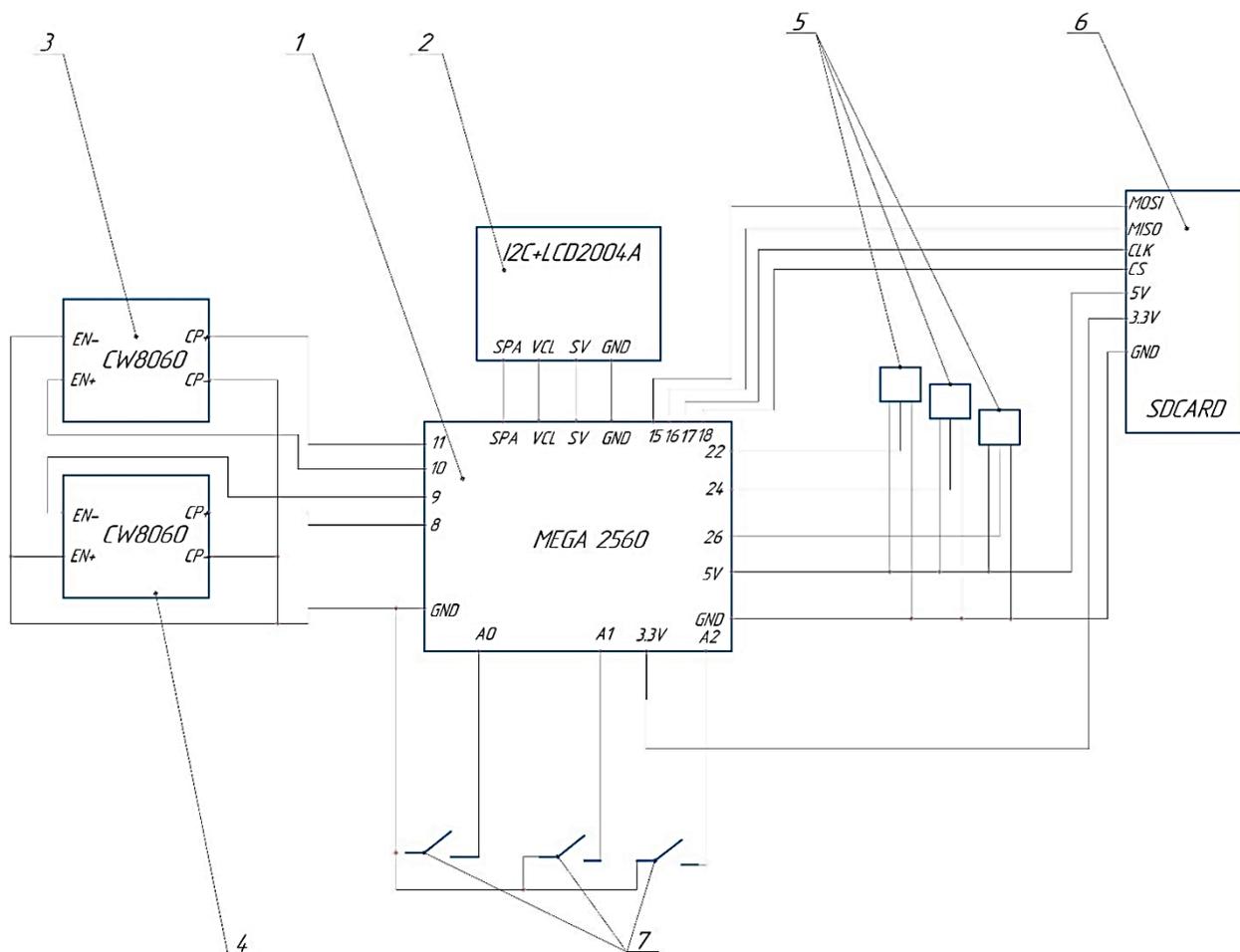


Рисунок 1 – Схема подключения устройств управления и контроля: 1 – Программируемый контроллер; 2 – модуль ЖК дисплея; 3 – драйвер шагового двигателя загрузочного транспортера; 4 – драйвер шагового двигателя промежуточного и выгрузного транспортеров; 5 – датчик температуры и влажности; 6 – модуль карты памяти; 7 – кнопки пульта управления.

В целом, можно сделать вывод, что применение цифровой модернизации для мобильной хмелесушилки имеет большой потенциал для оптимизации производства хмеля. Это позволяет улучшить производительность и качество продукции, сократить затраты на производство и повысить удобство использования оборудования.

Однако, для того чтобы успешно реализовать проект, необходимо провести комплексную оценку текущих производственных процессов и выбрать оптимальные цифровые технологии, которые могут быть интегрированы в существующую систему. Важным фактором является обучение персонала, чтобы они могли использовать новые технологии для повышения эффективности производства.

В целом, цифровая модернизация мобильной хмелесушилки может быть важным шагом к повышению конкурентоспособности и снижению затрат на производство хмеля.

Разработка мобильного приложения для управления хмелесушилкой упрощает управление производственным процессом и позволяет быстро реагировать на изменения особенно эффективного осушения собираемого материала [7], в частности хмеля, от остальных частей растения. Кроме того, также дроны можно использовать для мониторинга поля, что позволит более точно определить время уборки хмеля и определить наилучший момент для начала уборки [8,9, 10, 11].

Вывод: В целом, применение цифровой модернизации для эффективной эксплуатации мобильной хмелесушилки может помочь улучшить качество производимого хмеля, повысить производительность устройства и снизить затраты на его производство. Однако, для успешной реализации проекта необходимо обеспечить правильный выбор технологий, их интеграцию и обучение персонала. Это может быть достигнуто путем сотрудничества между производителями оборудования и разработчиками цифровых технологий, а также обучения персонала использованию новых технологий.

Литература

1. Современный уровень механизации возделывания хмеля в чувашской республике: проблемы и направления развития / В. И. Медведев, Ю. Ф. Казаков, Н. Н. Пушкаренко [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2017. – № 37. – С. 27-31.
2. Alatyrev, S.S. Influence of the parameters of support wheels on the amount of the device of the trailer from the tracking course /S.S. Alatyrev, R.V. Andreev, A.O. Vasiliev, N.N. Pushkarenko, A.O. Grigoryev, S.V. Tikhonov //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.- 2018. - С. 012002.
3. Кузнецов Н.Н. Модель функционирования технологического процесса послеуборочной обработки зерна в отделении приема и предварительной очистки зернового вороха / Н.Н. Кузнецов, Н.Н. Пушкаренко, В.И. Медведев, П.В. Зайцев, А.О. Васильев, Р.В. Андреев //Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2018. - Т. 13.- №4(51). - С. 114-118.
4. Васильев, А.О. Систематизация причин нарушения устойчивости движения агрегата //Рациональное природопользование и социально-экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного функционирования АПК региона. Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - 2017. - С. 143-148.
5. Смирнов, П.А. Результаты исследования уплотнения движителями тракторов междурядья хмельника / П.А. Смирнов, Н.Н. Пушкаренко, А.О. Васильев, Р.В. Андреев и др. //Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2018. - Т. 13.- №2 (49). -С. 131-137.

6. Васильев А.О. Варианты стабилизации движения прицепных машин /А.О. Васильев, Р.В. Андреев //Биологизация земледелия - основа воспроизводства плодородия почвы. ФГБОУ ВО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - 2018. - С. 262-266.
7. Иванчиков, Ю.В. Подготовка прессованного хмеля к переработке /Ю.В. Иванчиков, Ю.Н. Доброхотов, А.О. Васильев, А.О. Григорьев // Биологизация земледелия - основа воспроизводства плодородия почвы. ФГБОУ ВО Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - 2018. - С. 275-281.
8. Андреев, Р.В. К изучению вопроса создания мобильной хмелесушилки / Р.В. Андреев, А.О. Васильев, Ю.В. Иванчиков //Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны. - 2018. - С. 321-324.
9. Григорьев А.О. Разработка технических требований к проектируемым хмелесушилкам / А.О. Григорьев, Р.В. Андреев, А.О. Васильев //Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны. - 2018. - С. 343-347.
10. Федеральные налоги РФ и их роль в экономике / М. М. Залалтдинов, Р. И. Нуриева, А. Ф. Садыкова, И. Ш. Залялиев // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 20 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 30-33. – EDN EMCIAZ.
11. Клычова, Г. С. Учет затрат на функционирование объектов природоохранного назначения / Г. С. Клычова, К. А. Матвеева, А. А. Исмагилова // Современные аспекты экономики. – 2015. – № 10(218). – С. 57-59. – EDN UYFSMZ.
12. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа / Г. Г. Булгариев, М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, Р. Р. Хамитов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 3(41). – С. 68-71. – DOI 10.12737/22679. – EDN XQPYHJ.
13. Обоснование параметров валков соломы и рабочих элементов разравнивателя / Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин, Р. М. Сафин, С. М. Архипов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7, № 3(25). – С. 64-67. – EDN PDTOCB.
14. Результаты испытаний ротационного ботвоизмельчителя БИР-2 / Д. М. Исмагилов, Р. К. Абдрахманов, М. Н. Калимуллин, Р. Р. Зиятдинов // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 12. – С. 61-64. – EDN YMEMYJ.
15. Бухгалтерский управленческий учет в сельскохозяйственных организациях / Г. С. Клычова, А. С. Клычова, Р. И. Нуриева, Н. Н.

- Нигматуллина. Том 1. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 123 с. – ISBN 978-5-6044928-3-3. – EDN MNC SBZ.
16. Патент на полезную модель № 178960 U1 Российская Федерация, МПК А01В 35/20. Рабочий орган культиватора-плоскореза : № 2017145173 : заявл. 21.12.2017 : опубл. 24.04.2018 / Г. Г. Булгариев, Ф. Ф. Яруллин, А. Р. Валиев, Ф. Ф. Мухамадьяров ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ). – EDN ХМСWOI.
17. Яруллин, Ф. Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Яруллин Фанис Фаридович. – Казань, 2015. – 22 с. – EDN ZPVCUV.
18. Гилязова, А. Н. Способы утилизации изношенных шин / А. Н. Гилязова, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 323-327. – EDN BNXNCR.
19. Зиннатуллина, А. Н. Численное моделирование фильтрации воды в вертикальной скважине / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 7. – С. 87-90. – EDN LYENTN.
20. Ибяттов, Р. И. Моделирование таксационных показателей древостоев в среде офисных программ / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 2(40). – С. 68-71. – DOI 10.12737/20639. – EDN WHQVSZ.
21. Zinnatullina, A. N. Simulating a pollution process in water filtration under a hydraulic structure / A. N. Zinnatullina, R. I. Ibyatov, M. N. Shamsiev // Mathematical Models and Computer Simulations. – 2015. – Vol. 7, No. 3. – P. 254-258. – DOI 10.1134/S2070048215030114. – EDN UGDXYD.
22. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

© Лукиянов В.В., 2023

Белякова Елена Сергеевна

Кандидат технических наук, доцент

Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

san-ivanych@mail.ru

Соколов Степан Анатольевич

Студент,

Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

stepan-sokolov-1997@mail.ru

РАЗРАБОТКА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА «МУРАВЕЙ 70С»

Аннотация. В статье проанализированы основные технологии возделывания картофеля и представлены материалы по совершенствованию технологического процесса уборки картофеля с помощью самоходного картофелеуборочного комбайна «Муравей 70С».

Ключевые слова: технология, селекция, комбайн, секция, технологический процесс, транспортер.

Elena S. Belyakova

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

san-ivanych@mail.ru

Stepan A. Sokolov

Student, Tver State Agricultural Academy, Tver, Russia

stepan-sokolov-1997@mail.ru

DEVELOPMENT OF A POTATO HARVESTER "ANT 70C"

Abstract. The article analyzes the main technologies of potato cultivation and presents materials on improving the technological process of potato harvesting using a self-propelled potato harvester "Ant 70C".

Keywords: technology, selection, combine harvester, section, technological process, conveyor.

Картофель имеет разные назначения, основное - продовольственное, его также называют вторым хлебом. Картофель используется и в кормовых целях. По переваримости органического вещества, которая составляет 83-97%, он сопоставим с кормовыми корнеплодами. На корм используются сырые или запаренные клубни, а также засилосованная ботва. Продукты переработки картофеля (мезга и барда), также хороший корм для скота и домашних животных [1].

В настоящее время для выращивания картофеля применяется несколько основных технологий: заворовская, грядково-ленточная, широкорядная, гриммовская, голландская [2].

В Тверской области преобладают дерновые и суглинистые почвы, с повышенным содержанием камней. На данных почвах целесообразно возделывать картофель по гриммовской или голландской технологиям [2].

Гриммовская технология применяется на тяжелых, каменистых почвах. Включается в возделывании картофеля с предварительной сепарацией слоя почвы, в котором размещаются картофельные клубни [2].

Голландская технология применяется на средних и тяжелых суглинистых почвах. Особенностью технологии является весеннее сплошное фрезерование почвы на глубину 12...14 см вертикально-фрезерным культиватором. Затем производится посадка картофеля, а через 12-15 дней формирование высокообъемных грядок горизонтально-фрезерным культиватором, при этом формируется трапециевидный гребень. Верхний слой почвы на вершине и по бокам гребня уплотняется и приглаживается кожухом гребнеобразователя, в результате чего создается устойчивая поверхность для гербицидной пленки [2,3].

При возделывании картофеля по голландской технологии существует 4 способа уборки картофеля, представленные на рисунке 1.

1. Уборка картофелекопателями



2. Раздельный способ



3. Комбинированный способ



4. Однофазная уборка

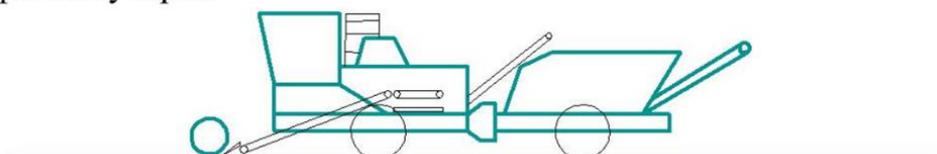


Рисунок 1 – Способы уборки картофеля

В Тверской области целесообразна однофазная уборка картофеля, поскольку центральная Россия характеризуется неоднородными климатическими условиями, а именно большим количеством осадков в период сбора урожая [3].

В соответствии с выполненным анализом научно-технической литературы, результатами собственных теоретических и предварительных экспериментальных исследований предлагается совершенствовать технологический процесс уборки картофеля на участках с ограниченной зоной разворота и в хозяйствах с небольшими полями [3].

Нами предлагается технологический процесс, включающий в себя: скашивание ботвы и сбор урожая с помощью прямого комбайнирования [3].

Для реализации данного технологического процесса разрабатывается самоходный картофелеуборочный комбайн «Муравей» 70С со специальной шарнирно-сочленённой рамой, рабочими органами и трансмиссией (Рис. 1).



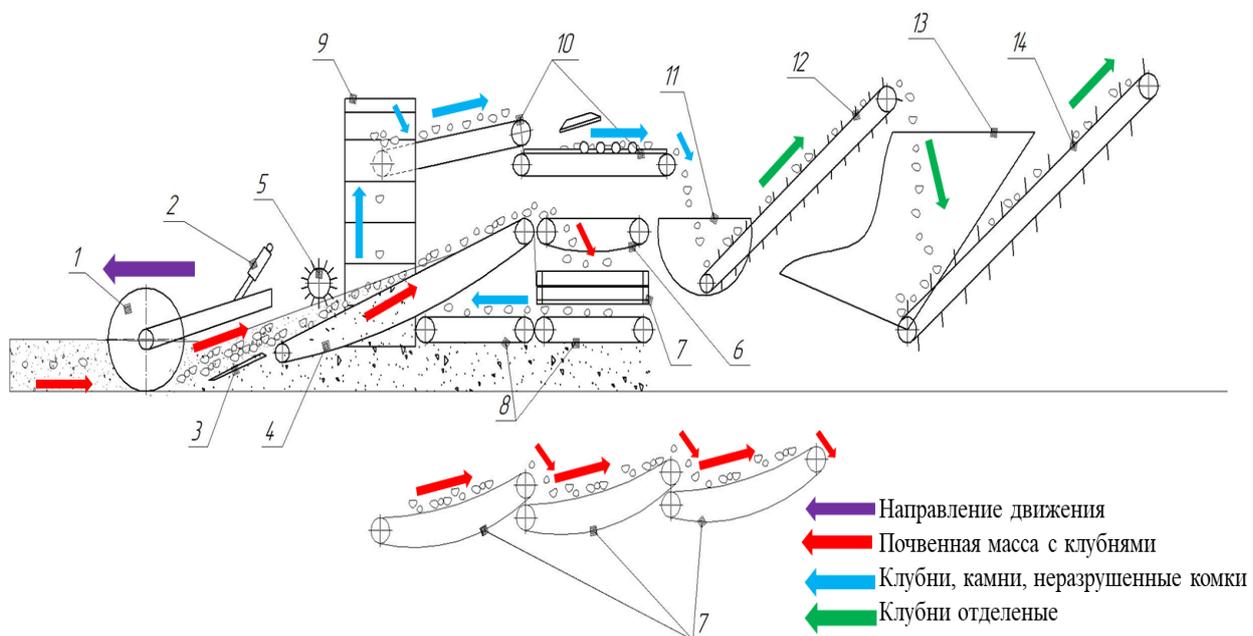
Рисунок 1 – Картофелеуборочный комбайн «Муравей» 70С

Комбайн рассчитан на уборку картофеля, посаженного картофелепосадочной техникой с междурядьями 60-70 см, на почвах с легким и средним механическим составом, и относительной влажностью до 30 %. Одним из условий устойчивой работы является отсутствие крупных (свыше 50 мм) камней и посторонних предметов при массе растительных остатков до 6 т/га [4, 5].

За основу рабочих органов рассматривается комбайн ККУ-2А. Рабочий процесс и рабочие органы представлены на рисунке 2.

Подкапывающая секция выполнена в виде подвижной рамы, закрепленной задней частью на основной раме шаровым шарниром, обеспечивающим возможность поперечных наклонов подвижной рамы. [5].

Передняя часть рамы снабжена опорой и гидроцилиндром, что позволяет поднимать, опускать и удерживать грохот – транспортер с лемехом [5].



1 - подрезные ножи; 2- гидроцилиндр; 3 - лемех; 4 – грохот транспортер; 5 - пальцевый разрыхлитель; 6 - широкопругтовый транспортер; 7 - сепарирующая секция; 8 - транспортер; 9 - транспортёр барабан; 10 - сортировочная секция; 11 - кожух сбора с сортировальной; 12 - загрузочный транспортер; 13 - бункер; 14 - разгрузочный транспортер;
Рисунок 2 – Рабочие органы комбайна Муравей 70С

За подкапывающей секцией - второй редкопругтовый транспортер, который позволяет не пропустить длинные примеси на поток.

Секция дополнительной сепарации состоит из трех транспортеров, перекидывающих почвенную массу с клубнями друг на друга, тем самым кроша комки почвы.

Барабан транспортер предназначен для перемещения клубней картофеля с переборочного стола на обратный транспортер.

Сортировочная секция предназначена для сортировки массы от камней и не раскрошенных комков с помощью одного рабочего или системы пневмоцилиндров с рентгеновым сканером. Рентгеновый сканер взят с автоматического отделителя Е691.

Многоканальная лента распределяет клубни на несколько потоков, каждый из которых при падении пересекает рентгеновские лучи, направленные от источника на экран приемника. В результате поглощения просвеченным телом части энергии лучей камни и почвенные комки отделяются от картофеля.

Из-за вредного воздействия рентгеновских лучей на организм, рассматривается технология отделения почвенных комков и камней от картофеля с помощью тепловизора. На сепарирующей секции почвенная масса с камнями и клубнями будет нагреваться с помощью воздуха через форсунки. При разной плотности объектов, их

температуры будут различными, что позволит разделить клубни от почвенных комков и камней с помощью тепловизора.

На основании анализа научно-исследовательских и патентно-лицензионных информационных источников сформулирована рабочая гипотеза применения комбинированного способа уборки картофеля и разработана конструкция самоходного комбайна [6]. Самоходный картофелеуборочный комбайн соответствует требованиям безопасности и может быть использован в качестве селекционной техники в условиях импортозамещения [7]. В соответствии с разработанными чертежами изготовлена 3 D модель и напечатан макет [8].

Литература

1. Гатулина Г.Г. Растениеводство. - М.: ИНФРА-М, 2019. - 608 с.
2. Гаспарян, И.Н. Картофель: технологии возделывания и хранения: учеб. пособие / И.Н. Гаспарян, Ш.В. Гаспарян // Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 256 с.
3. Ивенин, В. В. Агротехнические особенности выращивания картофеля: учеб. пособие / В. В. Ивенин, А. В. Ивенин // 2-е изд., перераб. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 336 с.
4. Сеницкий, С.А. Общее понятие программы движения машинно-тракторного агрегата и динамические ошибки возникающие при этом / С.А. Сеницкий, Р.Р. Лукманов, А.И. Хисамов и др. // Сб.: Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса. Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П. Казанский государственный аграрный университет. Казань. - 2022. - С. 293-299.
5. Галиев, И.Г. Повышение эффективности эксплуатации тракторов в аграрном производстве / И.Г. Галиев, А.А. Мухаметшин // Монография. Москва. - 2021. – 130с.
6. Хафизов, К.А. Оптимальные параметры трактора и пахотного агрегата по различным критериям оптимизации / К.А. Хафизов, Р.Н. Хафизов, И.Ю. Тюрин и др. // Аграрный научный журнал. - 2023.- № 1. - С. 155-160.
7. ГОСТ Р ИСО 4254-7-2011. - Машины сельскохозяйственные. Требования безопасности. Часть 7. Комбайны зерноуборочные, кормоуборочные и хлопкоуборочные. - Введ. 2011-09-01. – М.: Стандартинформ, 2011. - 37 с.
8. Белякова, Е.С. Цифровизация сельскохозяйственной техники / Е.С. Белякова, С.А. Соколов, И.Ю. Веселов // Сб.: Студенческая наука к юбилею вуза. Научные труды по материалам 50-ой научно-практической конференции студентов и молодых ученых. Тверь. - 2022. - С. 305-308.

9. Эффективная система промывки молокопровода / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 28-29. – EDN YQRJUD.
10. Зиганшин, Б. Г. Проблемы повышения безопасности при эксплуатации и обслуживании тракторов и сельскохозяйственных машин / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности : Международная научно-практическая конференция, Казань, 05–08 августа 2014 года. Том II. – Казань: Издательство Казанского государственного технического университета, 2014. – С. 259-260. – EDN TDHFYB.
11. Результаты моторных испытаний экспериментального бензинового двигателя внутреннего сгорания / Д. М. Марьин, И. Р. Салахутдинов, Д. Е. Молочников [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 4-2(56). – С. 64-68. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-64-68. – EDN WAUNHS.
12. Кашапов, И. И. Обзор показателей энергетической эффективности / И. И. Кашапов, Б. Г. Зиганшин // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 2(23). – С. 19-24. – EDN ZJZWOJ.
13. Кашапов, И. И. Способы и технические средства для ранней диагностики мастита коров / И. И. Кашапов, А. А. Мустафин, Ф. Ф. Ситдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 273-277. – EDN BNNILW.
14. Энергосберегающий доильный аппарат / Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков, И. И. Кашапов, В. А. Суханова // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 48-54. – EDN PSBYKU.
15. Кашапов, И. И. Повышение эффективности технологии производства молока / И. И. Кашапов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 146-149. – EDN UDTGEZ.
16. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и

инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

17. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

18. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.

19. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© Е.С. Белякова, С.А. Соколов 2023

Абдуллин Рустам Фаизович

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

Научный руководитель: Валиев Айрат Расимович

Доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Яруллин Фанис Фаридович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: fanis4444@mail.ru

АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Аннотация: Правильный и постоянный контроль за влажностью почвы позволяет уменьшить расход воды, а вместе с ним и расходы на удобрения и потери урожая. Современные модели датчиков влажности почвы позволяют определить оптимальное количество влаги для растений и оптимизировать уровень увлажнения, что позволяет выращивать экологически безопасную продукцию.

Ключевые слова: влажность почвы, датчик, почва, продукция.

Abdullin Rustam Faizovich

Student

Kazan State Agrarian University, Kazan

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

Scientific supervisor: Valiev Airat Rasimovich

Doctor of Technical Sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan

e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Yarullin Fanis Faridovich

Candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan

e-mail: fanis4444@mail.ru

SOIL MOISTURE SENSOR ANALYSIS

Abstract: Proper and constant monitoring of soil moisture allows to reduce water consumption, and with it the costs of fertilizers and crop losses. Modern models of soil moisture sensors allow you to determine the optimal amount of moisture for plants and optimize the level of moisture, which allows you to grow environmentally safe products.

Keywords: soil moisture, sensor, soil, products.

Вода необходима всем живым организмам. Она может выполнять множество функций и содержаться в клетках любого живого организма. Кроме того, растения нуждаются в постоянном увлажнении водой. Только при ее поглощении корнями происходит процесс усвоения питательных веществ, а за счет органических соединений в листьях поддерживается температурный режим и поддержание оптимального состояния. Наряду с этим вода участвует в процессе транспортировки питательных микроэлементов к различным их частям, которая в свою очередь необходима для получения энергии во время фотосинтеза, а также для охлаждения. В зависимости от влагообеспеченности растений в разные годы изменяется их урожайность.

Культивация почвы является исторически важной полевой операцией, при которой проводится рыхление пропашных культур [1...3], разрушение почвенной корки [4...7] и устранение роста сорняков [8...10]. Также культивация является хорошим дополнением к химической защите растений, особенно в случаях засухи, когда эффективность гербицидов ограничена [11...14]. Учеными разрабатываются и исследуются новые сельскохозяйственные машины и приспособления для исследования почв [15...18].

Почвенная влага пополняется атмосферными осадками, грунтовыми водами и орошением. Поступление воды в почву, ее поглощаемость, истечение, а также запасаемая продуктивная влага зависят от свойств почвы. Например, гранулометрический состав, влагоёмкость и т.д.

На сегодняшний день известны емкостные, резистивные и бесконтактные датчики измерения влажности почвы. Все эти виды датчиков с характеристиками представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика датчиков влажности почвы

Характеристики	Тип датчика	Сигнал датчика	Напряжение питания	Глубина погружения в почву
Емкостный	контактный	аналоговый	3,3 - 5 В	до 80 мм
Резистивный	контактный	аналоговый	3,3 - 5 В	до 40 мм
Бесконтактный	бесконтактный	электромагнитная индукция	12 В	не погружается (отклик до 1,1 м)

Одним из простых датчиков влажности почвы является резистивный датчик. Для измерения влажности почвы прибор должен быть погружен в грунт на глубину не более 40 мм.

Резистивный сенсор работает следующим образом: между двумя электродами создается небольшое напряжение, при этом если почва

окажется сухой, то сопротивление сенсора датчика будет увеличиваться, а ток проходящий через сенсор уменьшиться. Если же почва влажная, то сопротивление понизится, а ток наоборот увеличится. Аналоговый (итоговый) сигнал даст показания о степени увлажненности почвы.

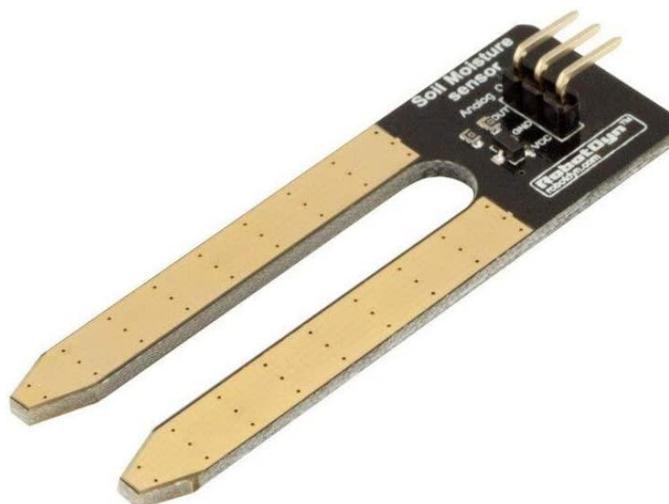


Рисунок 1 – Резистивный датчик влажности почвы

Из рисунка 1 видно, что поверхность датчика покрыта золотым напылением. Его используют для того, чтобы предотвратить так называемую пассивную коррозию. Также при работе может возникнуть и другой тип коррозии – электролитическая. Она появляется при протекании тока через металл, которая имеет различную активность. Ее невозможно устранить, поэтому датчик следует включать только при проведении исследований, чтобы повысить срок эксплуатации.

Более долговечным вариантом является емкостной датчик, у которого нет подобных проблем. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ёмкостной датчик влажности почвы

Датчик не контактирует с почвой и с жидкостью напрямую. У измерителя так же есть металлические электроды, но они скрыты под изолирующим слоем, что не дает им окисляться и разрушаться. Электроды представляют из себя обкладки конденсатора. И с увеличением влажности почвы, непосредственно вокруг этих электродов, конденсатор изменяет свою емкость. Но есть у него один недостаток, который можно исправить. Данный датчик производится без защиты платы. И поэтому нужно изолировать все элементы от окружающей среды. При необходимости разъем можно обработать лаком или клеем.

Наиболее современным датчиком для определения влажности почвы является бесконтактный. Компания Geoprospector расположенная в Австрии, разработала новый прибор для измерения влажности почвы, Topsoil Mapper (рисунок 3). Также помимо измерения влажности в нем есть возможность определение таких параметров как: твердость, содержание органических веществ. Эти параметры анализируются онлайн без прямого контакта с почвой.



Рисунок 3 – Измерительный комплекс Topsoil Mapper

Принцип работы комплекса следующий. Бесконтактные сенсоры работают по принципу электромагнитной индукции. Измерительный комплекс состоит из двух катушек: одна для создания магнитного поля-катушка передатчика, а другая для отслеживания внешнего магнитного поля-катушка приемника (рисунок 4). В катушке передатчика создается первичное магнитное поле. Это поле проникает в почву и вызывает там вихревые токи. В итоге создается «вторичное» магнитное поле, которое затем принимается катушкой приемника, расположенной на другом конце устройства.

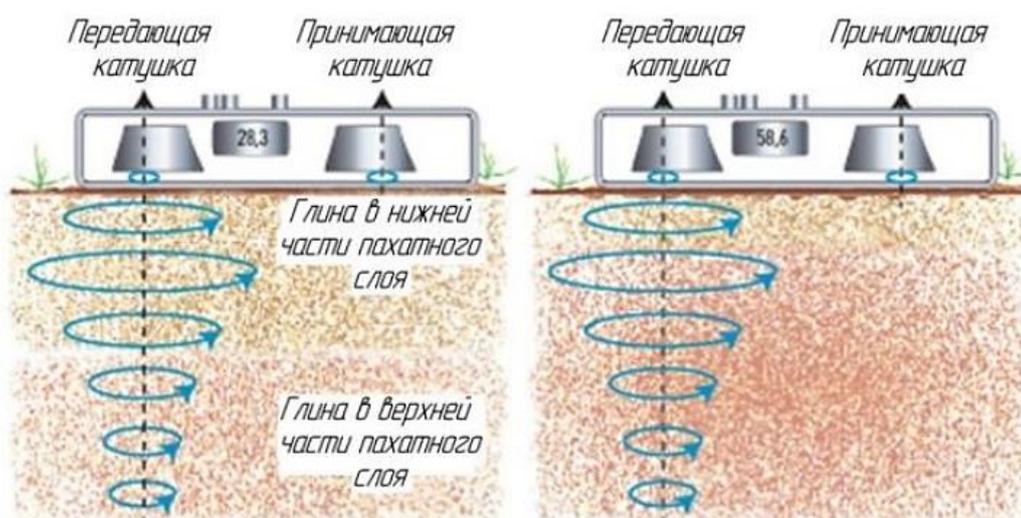


Рисунок 4 – Схема работы бесконтактного прибора для определения параметров почвенного состояния

В заключение следует отметить, что преимуществами современных датчиков влажности почвы является быстрота анализа и сбора данных, высокий уровень чувствительности датчиков. К недостаткам можно отнести нехватку квалифицированных специалистов для обслуживания и настройки такого оборудования.

Литература

1. А.А. Устроев, А.Б. Калинин, Е.А. Мурзаев - Анализ цифровых измерительных систем для определения параметров почвенного состояния. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. №97. С.19-28.
2. Патент № 98857 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010123389/21; заявл. 08.06.2010; опубл, 10.11.2010, Бюл. № 31.
3. Патент № 2433582 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010112133/21; заявл. 29.03.2010; опубл, 20.11.2011, Бюл. № 32.
4. Патент № 2442304 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010122370/13; заявл. 01.06.2010; опубл, 20.02.2012, Бюл. № 5.
5. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф.

Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 264 с.

6. Патент № 84179 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И. и др.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. №2009110704/22; заявл. 24.03.2009; опубл, 10.07.2009, Бюл. № 19.

7. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г. В. Пикмуллин, Р. Х. Марданов, Т. Н. Вагизов, А. А. Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

8. Патент № 2400035 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И., Сафиуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2009111149/21; заявл. 26.03.2009; опубл, 27.09.2010, Бюл. № 27.

9. Патент № 178960 РФ. Рабочий орган культиватора-плоскореза / Булгариев Г.Г., Яруллин Ф.Ф., Валиев А.Р., Мухамадьяров Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2017145173; заявл. 21.12.2017; опубл, 24.04.2018, Бюл. № 12.

10. Валиев, А.Р. Ротационный луцильник для мульчирующей обработки почвы / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Материалы Всероссийской научно–практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса». – Казань: изд–во Казанского ГАУ, 2009. – Т 76. – Часть 2. – С. 193–196.

11. Сабиров, Р.Ф. Оптико-гидромеханическая система автопозиционирования культиватора / Р.Ф. Сабиров, В.М. Медведев, Ф.Ф. Яруллин, Г.Т. Шафигуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2019 – С. 183-187.

12. Яруллин, Ф.Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань. – 2015. – 22 с.

13. Хафизов, К. А. Обоснование выбора сельскохозяйственных машин для подготовки почвы к посеву с целью оптимизации параметров трактора и агрегата / К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года /

Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 26-30.

14. Яруллин, Ф.Ф. Результаты полевых исследований почвообрабатывающего орудия с эллипсоидными дисками / Ф.Ф. Яруллин, Р.И. Ибяттов, С.М. Яхин, Р.Х. Гайнутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). – С. 123-127.

15. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 264 с.

16. Патент № 96313 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010110752/22; заявл. 22.03.2010; опубл, 27.07.2010, Бюл. № 21.

17. Яхин, С.М. Обоснование конструктивно-технологических параметров дисковой шлифовальной установки / С.М. Яхин, Р.И. Ибяттов, Ф.Ф. Яруллин, З.Д. Гургенидзе // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 1 (247). – С. 27-31.

18. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

19. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.

20. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.

© Абдуллин Р.Ф., Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., 2023

Матяшин Александр Владимирович
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
alex.matyashin@yandex.ru

Сабирзянов Рузаль Ринатович
Магистр
Казанский государственный аграрный университет, Казань
akbsity@yandex.ru

РАЗДЕЛЬНАЯ УБОРКА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Аннотация. Данная статья посвящена способам уборки зерновых культур.

Ключевые слова. урожай, комбайн, зерно, раздельная уборка, скашивание и укладка в валки.

Matyashin Alexander Vladimirovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
alex.matyashin@yandex.ru

Sabirzyanov Ruzal Rinatovich
Master, Kazan State Agrarian University, Kazan
akbsity@yandex.ru

SEPARATE HARVESTING OF GRAIN CROPS

Annotation: This article is devoted to the methods of harvesting grain crops.

Key words: harvest, combine harvester, grain, separate harvesting, mowing and laying in rolls.

Сельскохозяйственную культуру нужно не только вырастить, но и собрать. Процесс уборки является важным с точки зрения организационных мероприятий [1...4]. Необходима техника, следует соблюсти сроки уборочной кампании, привлечь квалифицированный персонал, предусмотреть место для сушки и хранения зерна [5...8]. От того, насколько правильно и качественно будет собран урожай, зависит итоговый урожай. И, как следствие, рентабельность бизнеса. В зависимости от культуры существуют свои нюансы и особенности. В данном материале более подробно анализирует уборку зерновых.

К уборке урожая необходимо готовиться заранее. Для правильного определения сроков жатвы следует привлечь специалистов (агротехников), которые способны верно установить состояние созревания побегов. Необходимо организовать специальную службу, которая должна оперативно оценивать

эффективность уборки урожая, производить оперативный контроль и в случае необходимости моментально вносить корректировку. Возглавлять ее должен опытный агроном. Не стоит экономить на привлечении техников-механиков. На них лежит важное бремя, касающееся подготовки комбайнов и прочих уборочных установок к бесперебойной работе до конца уборки урожая. Важно определить действительное состояние уборочных машин, знать их слабые места и потенциальные неисправности. Иметь запас запчастей для быстрого ремонта. Само собой, потребуются и опытные комбайнеры. А также прочий персонал, который задействован в описываемом процессе.

Уборка зерновых – комплексный процесс, который является не только непосредственным сбором урожая [9...14]. Помимо этого, сюда входит большая предварительная работа, а также комплекс мер после сбора культуры. Первый момент ранее уже упоминался. Что касается второго, это так называемая доработка урожая, представляющая собой прием, временное хранение, сушку (при необходимости предварительную очистку) и закладку для постоянного хранения. Кроме того, нельзя забывать и про уборку соломы.

Некоторые нюансы.

В каждом из вопросов существует множество нюансов, которые следует принимать во внимание. К примеру, при решении вопроса о начале уборки производить уборку урожая нужно не беспорядочно, а в определенном порядке. Последовательность эта определяется с учетом состояния полей и степени созреваемости культуры. Даже рядом находящиеся поля могут в этом плане иметь отличия. Другой пример. Используемая уборочная техника должна быть приспособлена для работы в различных условиях. Иначе может произойти ситуация, когда инвестор вынужден будет в авральном порядке производить модернизацию имеющихся комбайнов либо по высокой цене арендовать иные машины. Зерновые в результате климатического негативного воздействия (шквалистый ветер, град, ураган) могут лечь. Длина пшеничного стебля может быть выше либо ниже обычного. В момент уборки могут долго идти дожди, тогда придется выполнять работу в сырую погоду. Все эти аспекты следует заранее предусмотреть.

Существует рекомендации по разбивке поля на зоны и проведения обкашивания и транспортных проходов [15...20]. Для наибольшей эффективности их стоит учесть. При этом важно определиться со способом уборки: прямой или раздельный; типичный или двухфазный. Выбор обусловлен состоянием стеблей, погодными условиями и техническим оснащением машинного парка. К примеру, для прямого способа подходит уборка яровых культур и длинностебельных озимых.

В случае холмистой земли выборочное обкашивание рекомендуется начать за 2-3 дня до основной жатвы. Дело в том, что

на возвышенностях культура созревает быстрее. Ее желательно убрать раньше. Эффективность работы комбайнов и прочей уборочной техники определяется процентом допустимых потерь зерна. Регулировка и настройка режима работы проводится опытным механиком.



Рисунок 1 - Каждый сантиметр высоты стерни увеличивает производительность зерноуборочного комбайна на 1,5 - 2%.

Технические возможности уборки влажного зерна и соломы ограничены тем, что при обмолоте влажной массы зерно травмируется. При одной и той же лабораторной всхожести травмированные семена имеют низкую полевую всхожесть. Продолжительность уборки посевов при высокой влажности зерна с сушкой и дозреванием его в валках различная. При снижении влажности зерна в сутки на 2—3 % зерно в валках просыхает в течение 4—5 дней и более.

Литература

1. Алдошин, Н.В. Пути улучшения работы очистки зерноуборочного комбайна / Н.В. Алдошин // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный аграрный университет имени В.П. Горячкина». –2017. – № 6 (82). – С. 43-47.
2. Антипин, В.Г. Комбайн для зоны повышенного увлажнения / В.Г. Антипин, А.И. Метин // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1972. – № 10. – С. 47-48.
3. Артемов, В.Е. Совершенствование технологии уборки зерновых колосовых культур с использованием прицепного подборщика-измельчителя соломы: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.20.01 / Артемов Вадим Евгеньевич. – Краснодар, 2005. – 23 с.
4. Барсуков, Л.А. Исследование возможности частичного обмолота хлебной массы наклонным транспортером зерноуборочного комбайна:

- дисс. канд. техн. наук: 05.20.01 / Барсуков Леонид Афанасьевич. – Свердловск, 1974. – 176 с. 287
6. Бердышев, В.Е. Методология оценки качества функционирования зерноуборочных комбайнов / В.Е. Бердышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2 (76). – С. 85-89.
7. ГОСТ 28301-2015. Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2016. – 39 с.
8. Жалнин, Э.В. Методологические и технологические решения проблемы комплексной механизации уборки зерновых культур в условиях интенсивного зернопроизводства: автореф. дисс. д-ра техн. наук: 05.20.01 / Жалнин Эдуард Викторович. – М., 1987. – 56 с.
9. Зангиев, А.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.Н. Скороходов. – М.: КолосС, 2006. – 320 с.
10. Влияние обработки почвы на ее водопроницаемость. Салахов И.М., Матяшин А.В. В сборнике: Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. Казань, 2021. С. 109-114.
11. Энергосберегающая технология обработки почвы. Салахов И.М., Матяшин А.В. в сборнике: энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения. Сборник научных трудов IX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Хазретали Умаровича Бугова. 2020. С. 138-142.
12. Способы влагонакопления и влагосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Мейзер А.В., Салахов И.М., Зиганшин Б.Г., Матяшин А.В. В сборнике: Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. 2019. С. 293-298.
13. Способ безотвальной обработки склоновых земель. Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Мартьянов А.П., Матяшин А.В. Патент на изобретение RU 2487518 С2, 20.07.2013. Заявка № 2011140904/13 от 07.10.2011.
14. Почвообрабатывающее орудие. Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Матяшин А.В., Сиразиев Л.Ф., Федулкина К.В. Патент на полезную модель RU 117058 U1, 20.06.2012. Заявка № 2011129456/13 от 15.07.2011.
15. Техническое обеспечение инновационных технологий в растениеводстве. Матяшин Ю.И., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Назипов А.М., Матяшин Н.Ю., Матяшин А.В., Сёмушкин Н.И. Казань, 2009.

16. Некоторые результаты полевых испытаний рабочего органа машины для безотвальной обработки почвы Салахов И.М., Матяшин А.В., Вафин Н.Ф. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 2 (28). С. 81-83.
17. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдилов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
18. Системная математическая модель транспортных средств по критерию оптимизации - минимальный выброс в атмосферу диоксида углерода / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 122-130.
19. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikhullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDPSciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
20. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
21. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.
22. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

©МатяшинаА.В., СабирзяновР.Р., 2023

Матяшин Александр Владимирович
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
alex.matyashin@yandex.ru

Сабирзянов Рузаль Ринатович
Магистр
Казанский государственный аграрный университет, Казань
akbsity@yandex.ru

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БОТВОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Аннотация: Данная статья посвящена анализу конструктивных особенностей машин для механического удаления ботвы корнеплодов.
Ключевые слова: ботва, сахарная свекла, ботвоуборочная машина.

Matyashin Alexander Vladimirovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
alex.matyashin@yandex.ru

Sabirzyanov Ruzal Rinatovich
Master, Kazan State Agrarian University, Kazan
akbsity@yandex.ru

DESIGN FEATURES OF TOPPING MACHINES

Annotation: This article is devoted to the analysis of the design features of machines for mechanical removal of the tops of root crops.
Key words: Tops, sugar beet, topping machine.

Ботвоуборочные машины входят в комплекс машин для двухфазной уборки сахарной свеклы. Компания Grimme (Германия) производит прицепную машину (дефолиатор) VM-330, фронтальные FT-300 и FM-300.

Ботвоуборочная машина VM-330 предназначена для удаления ботвы с шестирядов сахарной свеклы, посеянной с междурядьями 45-56 см, с разбрасыванием измельченной массы по удаляемой полосе. Он содержит раму 2 (рис.1) на которой установлены роторы 3,4 и 5. Рама опирается на две пары колес 6, а дышло 1 — на серьгу прицепа трактора. Первый ротор срезает ботву и сорняки по всей ширине захвата. Он оснащен ножами, установленными на валу шарнирно по винтовой линии. Ротор вращается навстречу движению машины с частотой 1120 мин⁻¹. Нарезанная и измельченная масса подается под второй ротор, который вращается по мере движения машины. Второй и третий роторы оснащены полиуретановыми

хлыстами с металлическими ударными элементами на рабочих частях. Плети укладываются в блоки, расположение которых на валу изменяют в зависимости от ширины междурядий, добиваясь их размещения в рядах сахарной свеклы. Роторы вращаются в противоположных направлениях, что позволяет сбивать оставшуюся ботву со всех сторон корнеплода. Скорость вращения второго ротора составляет 570 мин^{-1} , третьего — 420 мин^{-1} .

Высота среза ботвы определяется винтовыми механизмами опорных колес (задняя часть станка) и упором гидравлического цилиндра, через который дышло прицепа соединено с рамой (передняя). Гидравлический цилиндр используется для перемещения машины из рабочего положения для транспортировки.

Для работы с тракторами с разной колеей (1,35 и 1,8 м) дышло поворачивается в горизонтальной плоскости и фиксируется винтовым механизмом для предотвращения прокатки колес рядами.

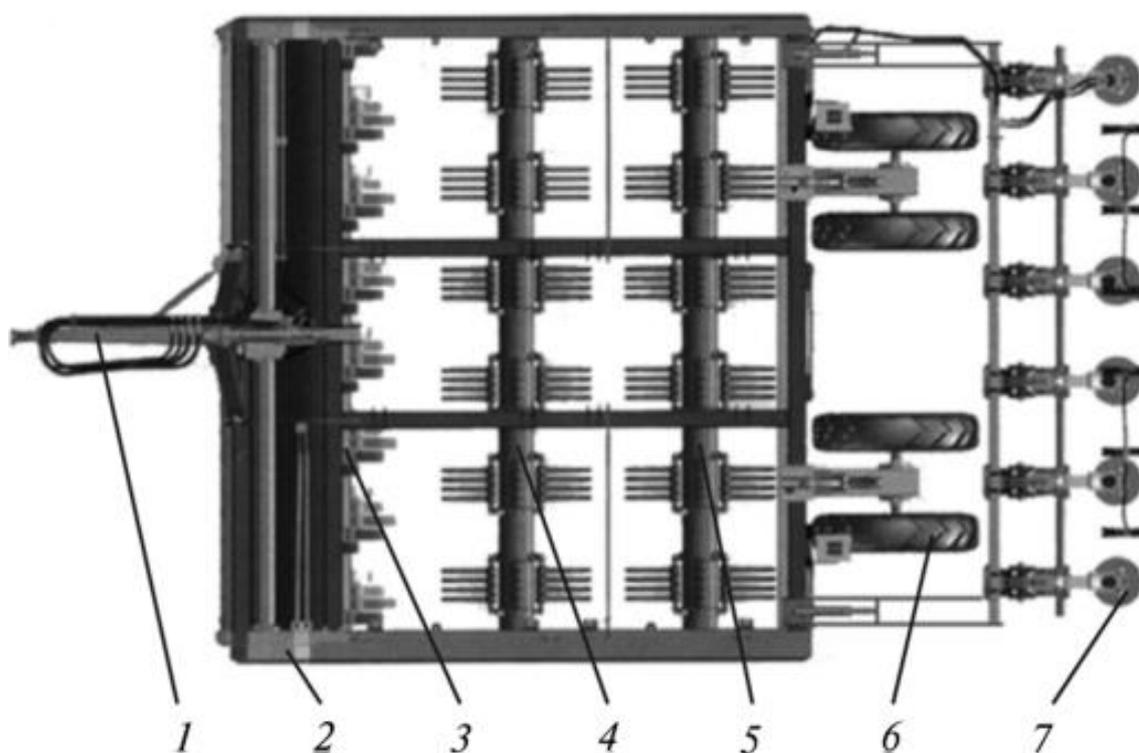


Рисунок 1 -Ботвоборочная машина ВМ-330:

1 — дышло; 2 — рама; 3 — первый ротор; 4 — второй ротор; 5 — третий ротор; 6 — опорные колеса; 7 — дообрезчик головок корнеплодов (опция)

Для работы в тяжелых условиях машина оснащена дисковыми резами 7 (Рис.1) головок корнеплодов (опция). Он выполнен в виде дополнительного блока, прикрепленного к задней балке машины, содержит шесть дисковых ножей с копировальными аппаратами. Ножи приводятся в движение гидравлическими гидромоторами. Высота резки регулируется путем перемещения копировального аппарата вдоль

отверстий в секторе. Из рабочего положения в транспортировочный резак поднимаются два гидравлических цилиндра.

Агрегируют машину с тракторами класса 1,4 и 2. Рабочий орган приводится в движение Трактором со скоростью вращения 1000 мин^{-1} .

Передний топเปอร์ FT-300 (Рис.2) используется для удаления верхушек из шести рядов сахарной свеклы с расположением измельченной массы рядами. Включает в себя поворотные ботворезы, пассивные ножи, направляющие для измельченных вершин, сцепные устройства, опорные колеса и приводные механизмы. Агрегируют ботвоудалитель с тракторами, оснащенными передней подвеской и ВОМ.



Рисунок 2 - Топпер FT-300

Передний дефолиатор FM-300 включает в себя два ротора с наборами стальных и резиновых бит. Стальные колотушки измельчают сорняки и листья верхушек рядами, а резиновые колотушки, расположенные по порядку, сбивают верхушки корнеплодов. Стальные биты устанавливаются на вал диаметрально противоположно, а резиновые-по 90° . Роторы вращаются друг к другу.

Литература

1. ГОСТ 7496-84. Машины свеклоуборочные. Общие технические условия. Взамен ГОСТ 7496-73; Введ. 01.01.87.- Издательство стандартовЛ985.- 6 с.
2. Зуев Н.М. ЛТЗ-145 на уборке// Сахарная свекла.- 1984. -№ 7.- С. 30-33.
3. Кривоногов Н.И., Бессарабов В.И. Перспективы механизации и уборки свеклы// Сахарная свекла.- 1981,- № 12. С. 21-23.

4. Протокол №29-128-84(2141210) периодических испытаний ботвоуборочной машины БМ-6А Тернопольского комбайнового завода, - ВНИИМОЖ. 1984.- 76 с.
5. Татьяна Н.В., Бетчер А.С., Черняков Ф.А., Дудка В.В. К вопросу разработки самоходной ботвоуборочной машины// Тез.докл. Всесоюзной научн.-технич.конф. "Итоги и перспект.развития конструкц. маш. для произв. сах.свеклы и кукурузы на зерно" Харьков, 1976.- С. 78-79.
6. Влияние обработки почвы на ее водопроницаемость. Салахов И.М., Матяшин А.В. В сборнике: Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. Казань, 2021. С. 109-114.
7. Энергосберегающая технология обработки почвы. Салахов И.М., Матяшин А.В.в сборнике: энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения. Сборник научных трудов IX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Хазретали Умаровича Бугова. 2020. С. 138-142.
8. Способы влагонакопления и влагосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур. Мейзер А.В., Салахов И.М., Зиганшин Б.Г., Матяшин А.В.В сборнике: Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. 2019. С. 293-298.
9. Способ безотвальной обработки склоновых земель. Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Сафин Р.И., Мартьянов А.П., Матяшин А.В.Патент на изобретение RU 2487518 С2, 20.07.2013. Заявка № 2011140904/13 от 07.10.2011.
10. Почвообрабатывающее орудие. Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Матяшин А.В., Сиразиев Л.Ф., Федулкина К.В. Патент на полезную модель RU 117058 U1, 20.06.2012. Заявка № 2011129456/13 от 15.07.2011.
11. Техническое обеспечение инновационных технологий в растениеводстве. Матяшин Ю.И., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Назипов А.М., Матяшин Н.Ю., Матяшин А.В., Сёмушкин Н.И.Казань, 2009.
12. Некоторые результаты полевых испытаний рабочего органа машины для безотвальной обработки почвы Салахов И.М., Матяшин А.В., Вафин Н.Ф. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2013. Т. 8. № 2 (28). С. 81-83.
13. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г. В.

Пикмуллин, Р. Х. Марданов, Т. Н. Вагизов, А. А. Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

14. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

15. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.

16. Оптимальная годовая нагрузка трактора на технологии по till по критерию суммарные энергетические затраты / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, И. Г. Галиев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 314-326.

17. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.

18. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

18. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

19. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45–56. – EDN MVHRCA.
20. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12–23. – EDN LLSORB.
21. Study of vortex pneumatic sprayer for liquid disinfection / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // BIO Web of Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00086. – DOI 10.1051/bioconf/20225200086. – EDN LDMWBE.
22. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.
23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

©Матяшин А. В., Сабирзянов Р. Р., 2023

Зиятдинов Разиль Шамилович

*аспирант кафедры эксплуатации и технического сервиса
Казанский государственный аграрный университет, Казань
razilka1998@gmail.com*

Галиев Ильгиз Гакифович

*доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации
и технического сервиса
Казанский государственный аграрный университет, Казань
drGali@mail.ru*

ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАКТОРОВ В АПК

Аннотация. Тракторы эксплуатируются при различных условиях внешнего воздействия, что приводит к повышенному износу агрегатов и систем. Вследствие этого увеличивается количество внезапных отказов, которые приводят к потере работоспособности трактора. Исходя из этого, оптимизация расхода ресурсов агрегатов и систем техники агропромышленного комплекса является стратегически важным фактором обеспечения его работоспособности. В статье рассмотрен анализ факторов, влияющих на работоспособность тракторов в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: трактор, расход ресурса, работоспособность, оптимизация расхода ресурса.

Razil Sh. Ziatdinov

*graduate student of the department of operation and technical service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
razilka1998@gmail.com*

Ilgiz G. Galiev

*doctor of technical sciences, professor of the department of operation
and technical service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
drGali@mail.ru*

OVERVIEW OF FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF TRACTORS IN AGRICULTURE

Annotation. Tractors are operated under various conditions of external influence, which leads to increased wear of aggregates and systems. As a result, the number of sudden failures increases, which lead to a loss of tractor performance. Based on this, optimization of resource consumption of aggregates and equipment systems of the agro-industrial complex is a strategically important factor in ensuring its operability. The article considers

the analysis of factors affecting the performance of tractors in the agro-industrial complex.

Keywords: tractor, resource consumption, efficiency, resource consumption optimization.

Оптимизация расхода ресурсов агрегатов и систем техники агропромышленного комплекса является стратегически важным фактором обеспечения его работоспособности, так как парк сельскохозяйственной техники имеет высокую капиталоемкость [1, 2, 3]. Объём парка сельскохозяйственной техники составляет более 570 тысяч единиц. Постоянное повышение цен на энергоресурсы, запасные части, а также рост стоимости сельскохозяйственной техники, неминуемо приводит к росту себестоимости продукции. Исходя из этого, оптимизация расхода ресурсов агрегатов, ресурсосберегающая стратегия машиноиспользования в области сельского хозяйства имеет ключевое значение.

Так как сельское хозяйство тесно взаимосвязано с условиями хозяйственной деятельности (к которым относятся природно-климатические, производственные и так далее), обеспечение надёжности и оптимизация расхода ресурсов трактора являются главными факторами, ограничивающие эффективное использование тракторов [4, 5, 6].

Основными параметрами, влияющие на эффективность использования тракторов являются такие факторы как: полная механизация технологических процессов возделывания продукции аграрного производства; поддержание техники в работоспособном состоянии с учетом условий их использования [7, 8].

Исходя из вышеперечисленного, требуется решить такие задачи как: необходимость организации мер по повышению эффективности тракторов; уменьшение материальных и трудовых затрат функционирования техники. Задачи решаются путем оптимизации расхода ресурсов агрегатов и систем.

Согласно ГОСТу 27.002–89, работоспособное состояние – это состояние объекта, при котором значение всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

В процессе эксплуатации трактора, в результате влияния разнообразных факторов, происходит изменения параметров состояния систем техники, такие как повышение расхода картерного масла и удельного расхода топлива, снижение давления в гидравлической системе, снижение тягового усилия, падение мощности двигателя и др. [9, 10].

Одним из основных статей расхода на эксплуатацию тракторов составляет издержки на устранение отказов различных групп

сложности [11, 12]. Трудовые и материальные затраты можно сократить, используя агрегатный метод ремонта. Сущность данного метода ремонта определяется тем, что неисправные агрегаты техники снимаются (ремонтпригодные отправляются на ремонт, а неремонтпригодные выбраковываются) и заменяются отремонтированными или новыми, взятыми из оборотного фонда. При всём при этом данной формой ремонтного производства пользуются далеко не в полной мере, и по этой причине показатели надёжности техники существенно ниже возможных параметров. В итоге трудовые и материальные затраты на ремонт и техническое обслуживание значительно превышаются, в последствии и производительность её агрегатов не доходит номинальных значений [13, 14].

Так как все сельскохозяйственные работы должны проводиться в короткие сроки, то надёжность агрегатов техники играет важную роль. Из этого следует, что недостаточная надёжность техники во время сезонных работ может привести к увеличению агросрока выполнения технологических операций, к снижению качественных показателей функционирования машинно-тракторного агрегата. В результате это приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а значит к повышению себестоимости продукции [15, 16].

В связи с этим, с целью обеспечения работоспособности и выполнения плановых работ без появления внезапного отказа, необходимо провести техническую диагностику. В результате диагностирования определяются состояния агрегатов и систем трактора и оценивается показатель фактическое значение уровня расхода ресурса. В случае, если уровень расхода ресурса агрегата техники окажется ниже требуемого значения для выполнения плановых работ, то принимается решение о целесообразности замены данного агрегата или его ремонте. В этом случае появляется возможность предотвращения потери работоспособности техники во время напряжённого периода сельскохозяйственных работ.

Однако, в настоящее время не разработана методика оценки уровня работоспособности трактора, с учетом степени влияния надёжности каждого агрегата на надёжность системы техники в целом. Это, в значительной степени объясняет не достаточной эффективности управления работоспособностью техники в аграрном производстве, которые проявляется в невозможности исключения непроизводительных затрат при использовании техники.

Существуют 3 основные группы определяющий характер воздействия на работоспособность: конструктивные, технологические и эксплуатационные. Конструктивные факторы обусловлены наличием несовершенства конструкции агрегатов и систем. Технологический фактор обусловлен тем, что нарушается принятая технология изготовления и испытание агрегатов машин [17, 18, 19]. Эксплуатационные факторы связаны с организацией техобслуживания

и ремонта, хранением и заправкой топливно-смазочными материалами, стажем и навыками тракториста и так далее. Условно эти факторы делятся на внешние и внутренние. К внутренним факторам относятся природно-климатические условия (влажность, запылённость воздуха, рельеф полей и т. п.), а также конструктивно-технологические особенности тракторов. К внешним факторам можно отнести организацию технического обслуживания и ремонта, обеспечение тракторов топливно-смазочными материалами, квалификацию работника и так далее.

Потеря работоспособности трактора может быть выявлена при появлении соответствующих признаков. К этим признакам можно отнести: выявляемые в результате осмотра, например, подтекание рабочей жидкости (ТСМ, жидкость системы охлаждения и др.), изменение цвета выхлопных газов; выявляемые на слух, например, посторонние шумы в агрегатах, не связанные с их функциями; выявляемые на работающей технике, например, нарушение плавности хода, периодические вибрации; выявляемые по показаниям штатных приборов, например, манометр, тахометр, которые вызваны при изменении режима работы техники; выявляемые при управлении техникой, например, трудность переключения передач, отсутствие торможения [20].

Тракторы эксплуатируются при различных условиях внешнего воздействия, что приводит к повышенному износу агрегатов и систем. Вследствие этого увеличивается количество внезапных отказов, которые приводят к потере работоспособности трактора.

Планово-предупредительная система технического обслуживания служит для поддержания агрегатов и систем тракторов в исправном состоянии, обеспечения нормативных сроков службы, уменьшения износа агрегатов и возникновения случайных отказов т. п. Она включает в себя техническое обслуживание (ТО-1, ТО-2, ТО-3, ЕТО, сезонное обслуживание), текущий ремонт и капитальный ремонт.

Как известно реализация операций по проведению третьего технического обслуживания связано с оценкой состояния систем трактора, его узлов и агрегатов. При третьем техническом обслуживании после оценивания состояния трактора и его агрегатов, выбирается тот вариант ремонтного воздействия, при котором будут минимальные материальные и трудовые затраты. В зависимости от состояния агрегата трактора можно выделить несколько способов устранения неисправностей: по потребности; предупредительная замена агрегатов и устранение по потребности, а также капитальный ремонт агрегатов и их систем.

Если агрегат не сможет обеспечить работоспособность трактора до следующего третьего обслуживания, то рационально будет провести предупредительную замену агрегата.

Литература

1. Гибатдинов, Л.З. Виды вентиляции и их применение в животноводческих помещениях / Л.З. Гибатдинов, И.Р. Нафиков, И.И. Кашапов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, Мазитова Н.К. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 33-39.
2. Патент на полезную модель № 123475 U1 Российская Федерация, МПК F04F 5/04, B05B 7/00. струйный распылитель жидкостей: № 2012107611/06: заявл. 28.02.2012: опубл. 27.12.2012 / Б.Л. Иванов, М.А. Лушнов, О.Ю. Маркин [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ.
3. Нафиков, И.Р. Результаты экспериментальных исследований пульсирующего струйного аппарата используемых в сельскохозяйственном производстве / И.Р. Нафиков, А.И. Рудаков // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2015. – С. 190-195.
4. Галиев, И. Г. Обеспечение работоспособности тракторов в аграрном производстве с учетом условий их эксплуатации / И. Г. Галиев, Р. К. Хусаинов. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "КноРус", 2019. – 150 с.
5. Хусаинов, Р.К. Обоснование объектов наблюдения для проведения экспериментальных исследований / Р.К. Хусаинов, И.Г. Галиев // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, Мазитова Н.К. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 199-205.
6. Increase of efficiency of tractors use in agricultural production / I. Galiev, S. Khafizov, N. Adigamov, R. Khusainov // Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23–25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 373-377.
7. Хусаинов, Р.К. Обоснование мероприятий по оптимизации уровня эксплуатации тракторов / Р.К. Хусаинов, И.Г. Галиев // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2016. – С. 300-305.
8. Галиев, И. Г. Определение весомости технологических операций и уровня расхода ресурса агрегатов и систем трактора / И.Г. Галиев, Р.К. Хусаинов // Вестник Казанского ГАУ. – 2012. – Т. 7. – № 3(25). – С. 74-77.
9. Габдрафиков, Ф.З. Исследование теплового аккумулятора тракторного дизеля в режиме предпускового подогрева / Ф.З. Габдрафиков, И.Г. Галиев, У.С. Галиакберов // Вестник Башкирского

государственного аграрного университета. – 2019. – № 2(50). – С. 109-114.

10. Обоснование оптимального уровня эксплуатации тракторов в аграрном производстве / Р.К. Хусаинов, И.Г. Галиев, Ф.З. Габдрафиков [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – Т. 14. – № 4-2(56). – С. 91-95.

11. To question of determining design parameters of working body of rotary chopper of tops / M. Kalimullin, D. Ismagilov, R. Abdrakhmanov [et al.] // Engineering for Rural Development: 19, Jelgava, 20–22 мая 2020 года. – Jelgava, 2020. – P. 1224-1229.

12. Назипов, Р. Повышение долговечности деталей рабочих органов плуга / Р. Назипов, М.Н. Калимуллин, Р.К. Абдрахманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 216-221.

13. Пути увеличения срока эксплуатации лемеха плуга / Р.Р. Назипов, М.Н. Калимуллин, М.З. Салимзянов, Р.В. Шарипов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ИМТС и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 176-181.

14. Ситдииков, Ш.К. Исследование эффективности восстановления деталей СХМ технологическими методами / Ш.К. Ситдииков, И.Р. Гайнутдинов, М.Н. Калимуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции ИМТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 41-45.

15. Замалиев, И.И. Применение различных форм тока при электролизе / И.И. Замалиев, Д.Ф. Камалов, М.Н. Калимуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции ИМТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 147-150.

16. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.

17. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / C. A. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021

года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

18. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.

19. Оптимальная годовая нагрузка трактора на технологии по till по критерию суммарные энергетические затраты / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, И. Г. Галиев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 314-326.

20. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

21. Парфенова, К. А. Особенности оценки капитальных вложений в соответствии с применением нового ФСБУ 26/2020 "капитальные вложения" / К. А. Парфенова, Л. М. Мавлиева, М. М. Низамутдинов // Профессия бухгалтера - важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством : Сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань, 16–17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 202-206. – EDN IZHZNE.

22. Конкурентоспособная эколого-экономичная техника и технология возделывания сельскохозяйственных культур в засушливых условиях / Н. К. Мазитов, В. В. Хоменко, Р. Л. Сахапов [и др.] // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений : Материалы V международной научно-практической конференции, Симферополь, 22–23 июля 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 45-56. – EDN MVHRCA.

©Зиятдинов Р. Ш., Галиев И. Г., 2023

Халиуллина Зульфия Мусавиховна

Доцент, кандидат химических наук,

Казанский государственный аграрный университет, г.Казань

E-mail: khaliullinaz@mail.ru

Ганиев Алмаз Саляхутдинович

Младший научный сотрудник, кандидат биологических наук

Казанский государственный аграрный университет, г.Казань

E-mail: ganiev-almaz@mail.ru

Гайфуллин Ильнур Хамзович

Ст. преподаватель, кандидат технических наук

Казанский государственный аграрный университет, г.Казань

E-mail: ilnur-gai@yandex.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

Аннотация. В статье научно обоснована инновационная технология переработки отходов птицеводства с использованием биопрепарата Мефосфон при возделывании зерновых культур в органическом земледелии и производстве безопасных органических продуктов питания.

Ключевые слова: Мефосфон, птичий помет, переработка, биопрепарат, брожение, альтернативные источники.

Ganiev S. Almaz

Candidate of Biological Sciences, Researcher

Khaliullina M. Zulfiya

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor Kazan

khaliullinaz@mail.ru

Gayfullin Kh. Ilnur

Candidate of Technical Sciences, senior lecturer

ilnur-gai@yandex.ru

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PROCESSING BIRD DROPPINGS

Abstract. The article scientifically substantiates the innovative technology for processing poultry waste using the biological product Mephosphon in the cultivation of crops in organic farming and the production of safe organic food.

Keywords: Mephosphon, bird droppings, processing, biological product, fermentation, alternative sources.

Сегодня известны различные технологии утилизации птичьего помета [1,2,3]. Несмотря на это утилизация куриного помета в Республике Татарстан остается актуальным [4]. В Республике

Татарстан основными производителями в птицеводческой отрасли являются ООО «Птицекомплекс Лаишевский», ООО Птицеводческий комплекс «Ак Барс», Агросила «Челны-Бройллер» и другие [5,6]. Ежедневно данные предприятия производят до 20 т помета [7,8]. Внедрение инновационных технологий переработки птичьего помета является решением этой проблемы. В Республике средняя годовая температура 3-4 °С и это дает возможность их применения в холодное время года. Применение новых технологий ведет к экономической эффективности компостирования с добавлением биопрепаратов, а также внедрением биогазовых установок [9,10,11].

Исследования утилизации отходов птицеводства с помощью биопрепарата Мефосфон [12] проводились в полевых условиях в 2019-2021 годах в Пестречинском районе согласно рекомендациям по обработке, утилизации и обеззараживанию органических отходов сельскохозяйственного производства с применением биологически активного препарата Мефосфон на аэробных условиях [13]. Были проведены два варианта экспериментов: опыт 1 (контроль - исходный помет без препаратов), опыт 2 (куриный помет + препарат Мефосфон. Токсикологические характеристики образцов куриного помета определены в центре ФГБУ «Татарстан межрегиональная ветеринарная лаборатория». В качестве тест-объектов использовали инфузории равноресничные *Parameciumcaudatum* [14] и рачки ветвистоусые *Ceriodaphniaaffinis* [15]. Результаты проведенных исследований опубликованы в работах авторов статьи [16] и представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Изменение токсических свойств помета в ходе эксперимента

Опыт	Токсичность, (Кр ₁₀)*					
	Начальная		4 месяца		12 месяцев	
	<i>C. affinis</i>	<i>P. caudatum</i>	<i>C. affinis</i>	<i>P. caudatum</i>	<i>C. affinis</i>	<i>P. caudatum</i>
Куриный помет частного фермерского хозяйства						
1	219	42	62	26	52	17
2			39	26	40	17
Куриный помет птицефабрики «Пестрецы»						
1	230	46	61	28	63	17
2			35	28	63	17

*Кр₁₀ - кратность разбавления водной вытяжки из помета, при которой устраняется его вредное воздействие на гидробионов.

Дополнительная 8 месячная инкубация проб помета с птицекомплекса без внешнего вмешательства приводила к снижению

их токсичности, по отношению к инфузориям, и увеличению по отношению к более чувствительным гидробионтам, ветвистоусым рачкам [17, 18].

Было установлено, что после обработки куриного помета препаратом Мефосфон (опыт 2) ускоряются процессы метаболизма помета тем самым сокращается время созревания помета, снижается класс опасности с 3 на 4, значительно уменьшается количество бактерий группы кишечной палочки и энтерококков, тем самым уменьшается негативное воздействие куриного помета на экологическую обстановку вблизи птицефабрик [19,20].

Проведен сравнительный анализ агрохимических показателей почвы без внесения, при внесении куриного помета и куриного помета, обработанного Мефосфоном. Результаты представлены на рисунке 1 [21].

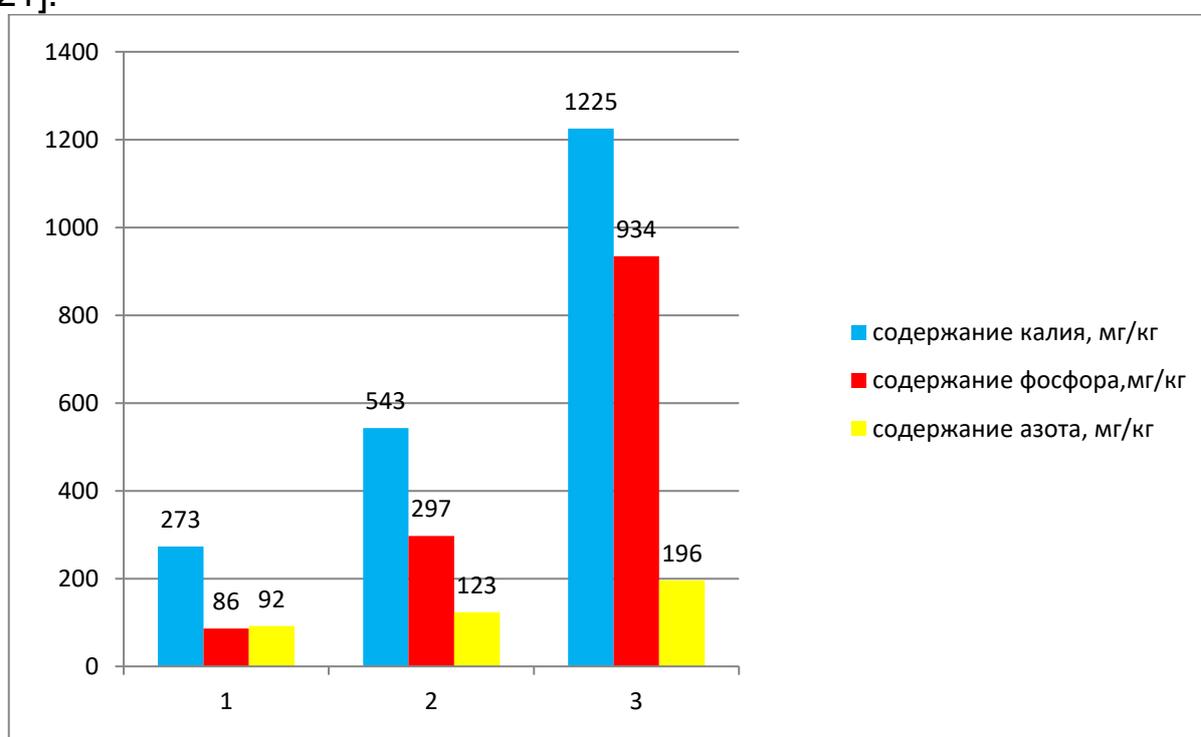


Рисунок 1 - Агрохимические показатели почвы

Для выявления влияния биопрепарата Мефосфон на выход биогаза и биоудобрения проводились эксперименты на разработанной мобильной биогазовой установке. Результаты исследований с применением птичьего помета представлены на рисунке 2 [22].

Биопрепарат Мефосфон ускоряет процесс брожения и увеличивает выход метана по сравнению эксперимента без применения биопрепарата.

Вывод. Таким образом, применение биопрепарата «Мефосфон» при компостировании куриного помета обеспечивает более активное функционирование микробного комплекса. В итоге получается готовое высококачественное органическое удобрение, полностью

соответствующей требованиям ГОСТа 53117-2008, не содержащее патогенной микрофлоры.



Рисунок 2 - Зависимость выхода биогаза от времени добавления биопрепарата Мефосфон

Литература

1. Константинов, Р. И. Техническое решение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Р. И. Константинов, Д. Т. Халиуллин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ИМиТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 120-126.
2. Абделфаттах, А. Х. Энергоэффективное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве / А.Х. Абделфаттах, И.М. Гомаа, Д.Т. Халиуллин // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 335-339.
3. Хаматов, Ф. И. Обзор конструкций топливных фильтров / Ф. И. Хаматов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 84-88.
4. Продукты из вторичного сырья, как основа повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Ф. С. Сибагатуллин, З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 227-231.

5. Киселева, Н. Г. Успешное развитие отечественного сельскохозяйственного производства - СПК «Звениговский» / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для РТ: Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ, Казань. – Казань, Казанский ГАУ, 2022. – С. 133-140.
6. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 130-137.
7. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112.
8. Мингалиев, Д. А. Результаты экспериментальных исследований разбрасывателя минеральных удобрений / Д. А. Мингалиев, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков, Д. Т. Халиуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 58-62.
9. Фокин, А. И. Пути повышения эффективности молочного производства / А. И. Фокин, Д. Т. Халиуллин, И. И. Кашапов // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 578-586.
10. Хаматханов, И. Ф. Очистка и регенерация моторного масла / И. Ф. Хаматханов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 88-91.
11. Zinnatullina, A. N. Prospects for the use of digital technologies in farms / A. N. Zinnatullina, N. G. Kiseleva, B. Kh. Norov // InternationalForumKazanDigitalWeek-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – Р. 762-765.
12. Гайфуллин, И. Х. Индивидуальная биогазовая установка / И. Х. Гайфуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции ИМиТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 83-87.

13. Использование удобрений из куриного помета для выращивания органической продукции / А. С. Ганиев, Ф. С. Сибгатуллин, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – Т. 17, № 1(65). – С. 9-14.
14. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resource. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076.
15. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н. Вагизов, А.А. Нурмиев; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ».
16. Перспективы применения препарата Мефосфон для производства удобрений из куриного помета / Ф. С. Сибгатуллин, З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 11. – С. 22-25. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-11105.
17. Киселева, Н. Г. Транспортная задача - логистика в АПК / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 196-203.
18. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 46-49.
19. Валиев, А. А. Анализ нелинейных множественных связей урожайности яровой пшеницы на серо-лесных почвах Республики Татарстан / А. А. Валиев, А. Н. Зиннатуллина // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 573-579.
20. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е.– Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 13-17.
21. Буровые шламы альтернативный источник повышения урожайности сельскохозяйственных культур / З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин, Р. Р. Ахметзянова // Аграрная наука XXI века. Актуальные

исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 158-167.

22. Шогенов, Ю. Х. Потенциал использования биогаза в регионах аграрной специализации / Ю. Х. Шогенов, И. Х. Гайфуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 204-209.

23. Изменение налогового законодательства в период пандемии COVID-19 / К. А. Парфенова, М. М. Низамутдинов, А. Т. Исхаков, Д. А. Филипова // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 24 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 189-193. – EDN JVAARA.

24. Татарстанско-сибирско-Уральско-Ярославская техника исключения эколого-экономико-социальной катастрофы в АПК России / Н. К. Мазитов, Р. Л. Сахапов, Л. З. Шарафиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса : научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 12-23. – EDN LLSORB.

25.

©Халиуллина З. М., Ганиев А. С., Гайфуллин И. Х., 2023

УДК 621.893

Вагизов Тагир Наилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

tagirvagizov@yandex.ru

Ахметзянов Ришат Ринатович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

rishat83@mail.ru

Волкова Александра Петровна

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

<mailto:vol.sasha02@mail.ru>

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ УЗЛОВ ТРЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация. Во многих отраслях промышленности повышение износостойкости деталей и узлов трибосопряжений, является одной из важнейших задач. Решение этой задачи может быть обеспечено путем разработки антифрикционных материалов с заданными техническими характеристиками. Антифрикционные материалы, эксплуатируемые в узлах трибосопряжений, должны удовлетворять требованиям по износостойкости, коэффициенту трения, обладать хорошей прирабатываемостью, совместимостью, а также сравнительно низкой стоимостью.

Ключевые слова. Износостойкость, деталь, трибосопряжение, материал, трение, изнашивание, антифрикционность, подшипник, смазка.

Tagir N. Vagizov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

tagirvagizov@yandex.ru

Rishat R. Akhmetzyanov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

rishat83@mail.ru

Alexandra P. Volkova

Student, Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

<mailto:vol.sasha02@mail.ru>

OPERATING CONDITIONS OF FRICTION UNITS IN MECHANICAL ENGINEERING

Abstract. In many industries, increasing the wear resistance of parts and assemblies of tribo-joints is one of the most important tasks. The solution of

this problem can be provided by developing antifriction materials with specified technical characteristics. Antifriction materials used in tribo-coupling units must meet the requirements for wear resistance, coefficient of friction, have good workability, compatibility, as well as a relatively low cost. **Keywords.** Wear resistance, part, tribo-tension, material, friction, wear, antifriction, bearing, lubrication.

Одной из важнейших задач во многих отраслях промышленности является повышение износостойкости деталей и узлов трибосопряжений, решение которой может быть обеспечено путем разработки антифрикционных материалов с заданными техническими характеристиками. Повышение надежности и долговечности изделий, конструкций и технических систем, эксплуатируемых при воздействии повышенных и пониженных температур, статических, динамических и вибрационных нагрузок, ингредиентов окружающей среды, смазочных материалов и других факторов, обеспечивается применением материалов, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям [1-3].

Известно [4-6], что процессы трения и изнашивания определяются многими факторами: нагрузкой, скоростью относительного перемещения сопрягаемых тел, температурой в зоне трения, свойствами смазочного материала и сопрягаемого тела, видом трения, конструкцией узла. Контактующие поверхности материалов узлов трения в процессе эксплуатации подвергаются интенсивному технологическому воздействию, при котором происходят механохимические, структурные и фазовые превращения в поверхностном и подповерхностном слоях материалов, оказывающие существенное влияние на изменение характера и степени изнашивания [7-9]. Антифрикционные материалы, эксплуатируемые в узлах трибосопряжений, должны удовлетворять требованиям по износостойкости, коэффициенту трения, обладать хорошей прирабатываемостью, совместимостью, а также сравнительно низкой стоимостью.

В современной технике, в том числе в машиностроении, используется чрезвычайно широкий ассортимент антифрикционных материалов: металлы и их сплавы, технические керамики, полимеры и композиционные материалы на их основе [10-12]. Однако возрастающие требования к узлам трибосопряжений различных машин и механизмов вызывают необходимость совершенствования существующих и разработки новых антифрикционных материалов, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами.

Большой вклад в развитие системного подхода к проблемам трибологии, разработку антифрикционных материалов и исследование их свойств внесли многие отечественные и зарубежные ученые: Крагельский И.Г., Гаркунов Д.Н., Чичинадзе А.В., Белый В.А., Мышкин Н.К., Свириденко А.И., Купчинов Б.И., Гвоздев А.А., Курчаткин В.В.,

Машков Ю.К., Гуреев А.М., Фролов К.В., Илларионов И.Е., Шалунов Е.П., Алибеков С.Я., Довыденков В.А., Готлиб Е.М., Смирнов В.М., Адигамов Н.Р., Боуден Ф.П., Тейбор Д., Соломон Г., Чихос Ч. и другие.

Известно [13-15], что для решения проблемы снижения потерь на трение и износ необходимо, в первую очередь, определиться с рациональным выбором материалов пары трения и смазочного материала. Процессы трения и изнашивания представляют комплекс последовательных переходов материала из одного состояния в другое, которые определяются проявлениями упругой и пластической деформаций, а также структурными и фазовыми превращениями в поверхностном и подповерхностном слоях материала [16-18].

Экспериментально-теоретические исследования, направленные на разработку и применение эффективных антифрикционных материалов, являются одним из основных путей решения технических задач, связанных со снижением потерь на трение в триботехнических системах [17-21]. Как уже было отмечено выше, в процессе эксплуатации материал трущегося тела подвергается интенсивной технологической обработке, приводящего к образованию тонкого поверхностного слоя и изменению характера и степени изнашивания узлов трения.

Выбор материалов для узлов трения представляет сложную задачу и должен осуществляться с учетом различных факторов: уровня нагрузок, скорости относительного перемещения трущихся тел, температуры в зоне трения, свойств смазочного материала и сопрягаемого тела, вида трения, конструкции узла [19-21]. Используемые конструкционные материалы должны обладать заданными упруго-прочностными свойствами, твердостью, пластичностью, износостойкостью, хорошей прирабатываемостью, совместимостью. Следует отметить, что кроме достижения необходимых эксплуатационных свойств изделий необходимо учитывать экономические требования. Поэтому, большое значение приобретают исследования, направленные на разработку методов модификации поверхностных слоев, упрочняющих технологий и новых композиционных материалов с заданными триботехническими и другими эксплуатационными свойствами.

Существенным фактором, сдерживающим решение прикладных задач трибологии, является отсутствие достоверных критериев выбора износостойких материалов и их совместимости с учетом специфики изнашивания.

Следует отметить, что антифрикционность и фрикционность зависят от природы материалов пары трения, типа смазочного материала и режима трения.

В качестве подшипниковых материалов широкое применение нашли композиции на основе термопластов и реактопластов, обладающие высокими антифрикционными свойствами.

Преимущества применения полимерных материалов в узлах трения заключаются в том, что значительно снижаются затраты труда на техническое обслуживание, так как можно уменьшить число точек смазки, появляется возможность работать в режиме сезонной или периодической смазки, а иногда и без нее. Кроме того, многие полимерные материалы обладают хорошей демпфирующей способностью, быстро прирабатываются, имеют сравнительно высокую износостойкость и долговечность.

Широко применяемыми полимерами для изготовления подшипниковых узлов являются фторопласты, полиамиды и ряд других синтетических полимеров. Однако следует отметить, что подшипники скольжения, изготовленные на основе этих полимеров, не могут полностью заменить обычные подшипники скольжения вследствие заметного снижения грузоподъемности, значительного сопротивления вращению и ограниченного применения при высоких скоростях скольжения вследствие низкой теплопроводности, а также выделения значительного количества тепла при трении на контакте.

Опыт эксплуатации подшипниковых узлов скольжения показывает, что около 70 % подшипников скольжения работают при отсутствии гидродинамической смазки, а также при наличии абразивной и водной среды. В связи с этим замена в узлах трения машин и механизмов антифрикционных металлов более дешевыми и долговечными полимерными композиционными материалами является в настоящее время весьма актуальной задачей.

Литература

1. Салахов, И. М. Основные направления совершенствования технической эксплуатации автомобильного транспорта / И. М. Салахов, А. В. Матяшин, Т. Н. Вагизов // Современные достижения аграрной науки : научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича, Казань, 02 ноября 2020 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 290-295.
2. Хазиев, Р. Г. Обеспечение надежности машин / Р. Г. Хазиев, Т. Н. Вагизов // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 82-84.
4. Салахов, И. М. Основные направления восстановления и упрочнения режущих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин

- / И. М. Салахов, Н. Ф. Вафин, Т. Н. Вагизов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 139-145.
5. Совершенствование составов и технологии получения световозвращающих материалов / Т. Н. Вагизов, Н. Я. Галимова, Н. А. Адыева, Э. Э. Шарафутдинова // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019: материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 12-15.
6. Ахметзянов, Р. Р. Древесина как сырье для подшипников скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Т. Н. Вагизов, А. Р. Ахметзянова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 200-204.
7. Вагизов, Т. Н. Внедрение информационных технологий для проектирования технологических процессов при производстве, ремонте и сервисном обслуживании сельскохозяйственной техники / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 16-24.
8. Энергосберегающие технологии получения покрытий с повышенными световозвращающими свойствами / Т. Н. Вагизов, Э. Р. Галимов, Н. Я. Галимова, А. Р. Валеева // Энергосбережение. Наука и образование: Сборник докладов международной конференции, Набережные Челны, 28 ноября 2017 года. – Набережные Челны: Издательско-полиграфический центр Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2017. – С. 94-99.
9. Вагизов, Т. Н. Особенности применения современных технологий для изготовления и восстановления деталей машин / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды

Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 236-242.

10. Вагизов, Т. Н. Технология получения, структура и свойства многослойных световозвращающих материалов с зеркально-линзовыми световозвращателями / Т. Н. Вагизов, А. Р. Валеева // XXIV Туполевские чтения (школа молодых ученых): тексты докладов участников Международной молодёжной научной конференции, в 6 т., Казань, 07–08 ноября 2019 года. Том I. – Казань: Издательство ИП Сагиева А.Р., 2019. – С. 242-244.

11. Вагизов, Т. Н. Повышение износостойкости рабочих органов дисковых сошников / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов, Р. Р. Шайхутдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 232-237.

12. Разработка состава и технологии изготовления композиционных материалов из промышленных отходов / Р. Р. Ахметзянов, М. Н. Калимуллин, Р. Р. Шайхутдинов [и др.] // Синергетика сбалансированного развития аграрной отрасли и сельских территорий страны: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 24–26 июня 2020 года. Том Выпуск 14. – Казань: ИП Рагулин Р.А., 2020. – С. 331-337.

13. Патент на полезную модель № 209168 U1 Российская Федерация, МПК В21D 1/00, В21D 53/26. Устройство для правки дисковых рабочих органов: № 2021124612: заявл. 18.08.2021: опубл. 03.02.2022 / Т. Н. Вагизов, Г. В. Пикмуллин, Р. Р. Ахметзянов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

14. Вагизов, Т. Н. Обоснование необходимости восстановления дисков сошников зерновых сеялок / Т. Н. Вагизов, М. Х. Фасхутдинов // Наука молодых - инновационному развитию АПК: материалы Международной молодежной научно-практической конференции, Уфа, 15–17 марта 2016 года. Том Часть 1. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2016. – С. 163-168.

15. Композиционный материал для повышения ресурса подшипников скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, М. Н. Калимуллин, Р. Р. Шайхутдинов [и др.] // Синергетика сбалансированного развития аграрной отрасли и сельских территорий страны: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Казань, 24–26 июня 2020 года. Том Выпуск 14. – Казань: ИП Рагулин Р.А., 2020. – С. 337-342.

16. Ахметзянов, Р. Р. Применение композиционных материалов в современной технике / Р. Р. Ахметзянов, Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянова // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 261-266.
17. Вагизов, Т. Н. Технологии получения световозвращающих покрытий с заданными свойствами / Т. Н. Вагизов, Э. Р. Галимов, Ю. А. Пряхин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2017. – Т. 73, № 3. – С. 49-54.
18. Патент на полезную модель № 211459 U9 Российская Федерация, МПК А01В 13/00, А01В 33/04. ротационный рабочий орган для обработки почвы: № 2021137950: заявл. 20.12.2021: опубл. 15.07.2022 / Т. Н. Вагизов, Г. В. Пикмуллин, Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Ахметзянов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".
19. Хаматханов, И. Ф. Очистка и регенерация моторного масла / И. Ф. Хаматханов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 88-91.
20. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
21. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikhullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

© Вагизов Т.Н., Ахметзянов Р.Р., Волкова А.П., 2023

Шорников Артем Вячеславович

Аспирант,

e-mail: artemshornikov1@gmail.com

Казанский государственный аграрный университет, г.Казань

Зиганшин Булат Гусманович

Доктор технических наук, профессор, профессор РАН

e-mail: zigan66@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

Гайфуллин Ильнур Хамзович

Ст. преподаватель, кандидат технических наук

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ БИОГАЗА

Аннотация. В статье рассмотрены возможности применения энергии биогаза и преимущества его для различных категорий потребителей. Был проведен анализ перспективности развития биогазовых технологий в России.

Ключевые слова: биогаз, навоз, утилизация, энергия, брожение, экология, альтернативные источники.

Shornikov V. Artem

Graduate student,

Email: artemshornikov1@gmail.com

Kazan State Agrarian University, Kazan

Ziganshin G. Bulat

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian

Academy of Sciences

Email: zigan66@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

Gayfullin Kh. Ilnur

Candidate of Technical Sciences, senior lecturer

Email: ilnur-gai@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

POSSIBILITIES FOR USING BIOGAS ENERGY

Abstract. The article considers the possibilities of using biogas energy and its advantages for various categories of consumers. An analysis was made of the prospects for the development of biogas technologies in Russia.

Keywords: biogas, manure, utilization, energy, fermentation, ecology, alternative sources.

В связи с тем, что цены на газ, бензин, а также дизельное топливо растут, многие страны переходят или осваивают иные источники

энергии. Биогаз является одним из этих видов энергии. Например, в Республике Казахстан активно проводятся исследования в области биогазовых технологий. В России биогаз имеет меньшую ценность, но глобальное развитие Россией биогазовой промышленности решило бы ряд важных экономических проблем. В частности, это привело бы к снижению задолженности потребителей за газ [1].

Биоразлагаемые отходы, полученные из различных источников, как ресурс, важны для производства биогаза. Растущий интерес к возобновляемым источникам энергии положил начало использованию биогаза в качестве материала для производства энергии. Биогаз - это газ, содержащий около 70% метана и 30% других примесей. У него нет ни запаха, ни цвета. Биогаз близок к природному газу [2,3,4].

В России есть хорошие предпосылки для успешного развития производства биоэнергии, поскольку она обладает большим потенциалом для использования биогаза в производстве энергии. Стабильным источником биомассы могут служить органические фрагменты из твердых бытовых отходов и органические фрагменты из отходов крупного рогатого скота, свиней и птицы, донные отложения из ила при производстве биогаза. Использование биогаза в настоящее время актуально, поскольку запасы нефти, природного газа и угля не безграничны. Благодаря строительству и организации биогазовых установок можно получать не только экологически чистое топливо, но и органические остатки, которых можно использовать в качестве удобрений [5,6,7].

Постановление Правительства Российской Федерации "О системе стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электроэнергии и мощности", принятое Россией в 2013 году, направлено на стимулирование использования возобновляемых источников энергии и повышение тарифов на эту энергию для повышения ее конкурентоспособности. В будущем эта система сможет стимулировать развитие сетевой генерации, продажу электроэнергии, произведенной из биогаза, на оптовом и розничном рынках [8]. Действия правительства смогут стимулировать перспективное развитие биотоплива и выявить выгоды для энергетики, транспорта, сельского хозяйства и окружающей среды.

Биогаз, как альтернатива возобновляемому источнику энергии, является надежной, экономичной альтернативой централизованному энергосбережению и природному газу, именно поэтому для реализации политики к закрытой экономике необходимо использовать один из видов возобновляемой энергии такой, как биогаз. Зарубежный опыт показывает, что государственное регулирование обращения с отходами является необходимостью. У Российской Федерации имеется доступ для бесперебойного пользования биотопливом, которое положительно повлияет на экономическую и экологическую ситуацию в стране [9, 10].

В Европе, помимо твердых бытовых отходов с муниципальных свалок, для производства биогаза используются сельскохозяйственные отходы. Анаэробное сбраживание органических отходов животного происхождения - а растительный мир с последующим производством биогаза обладает рядом экологических и экономических преимуществ. Этот процесс предотвращает неприятные запахи, которые часто сопровождают сельскохозяйственное производство, загрязнение воды и почвы, выбросы парниковых газов, снижает затраты на вывоз и утилизацию отходов, сбор энергии, создает возможность организовать замкнутый производственный цикл и получать дополнительный доход в случае продажи избытка энергии в сеть (таблица 1) [11,12,13].

Таблица 1 - Преимущества использования биогаза для различных категорий потребителей.

Сельскохозяйственные предприятия	<p>Доступность сырья для торговли сельскохозяйственной продукцией и возможность организации замкнутого производственного цикла для снижения затрат на топливо и утилизацию отходов.</p> <p>Возможность получения дополнительного дохода за счет продажи излишков газа в сеть, учитывая близость к магистральной газовой сети.</p> <p>Производство электроэнергии и тепла для различных целей.</p> <p>Топливо для сельскохозяйственного транспорта и техники.</p>
Промышленность	<p>Снижение затрат на топливо и утилизацию отходов.</p> <p>Производство электроэнергии для производственных процессов и собственных нужд.</p> <p>Возможность получения дополнительного дохода за счет продажи квот на выбросы в связи с сокращением выбросов парниковых газов.</p>
Коммунально-бытовые предприятия	<p>Производство экологически чистой электроэнергии и тепла.</p> <p>Снижение затрат в системе обращения с отходами.</p> <p>Производство электроэнергии, необходимой для электроснабжения очистных сооружений.</p>
Домашние хозяйства	<p>Устойчивые источники топлива в районах с дефицитом энергии.</p> <p>Прямое сжигание для приготовления пищи, освещения и обогрева помещений.</p>

Перспективы развития биогаза во многом связаны с его способностью конкурировать с другими видами энергоресурсов.

Стоимость этого топлива зависит от затрат на производство, включая транспортировку сырья, затраты на его переработку в биогаз и распределение/подключение (например, подача в сеть). Когда биогаз используется в качестве источника энергии, затраты на его производство и передачу электроэнергии включаются в себестоимость. Колебания цен на сырье и расстояние транспортировки до биогазовой установки играют важную роль в привлечении энергетических культур к производству топлива, что может увеличить себестоимость продукта на 25-30%. Если в качестве отходов используется собственное сырье, затраты на сбор, хранение и первичную переработку исключаются, поскольку эти процессы продолжаются независимо от последующего использования топлива. Более того, поскольку экологическая проблема также решается за счет переработки отходов, экологические субсидии могут быть включены в расходы, необходимые для дегазации на свалках [14,15,16].

Транспортировка органических отходов животного происхождения обычно нерентабельна из-за высокой стоимости и низкой плотности энергии из-за высокого процента содержания воды [17]. Важную роль играет объем установки - чем он больше, тем ниже капитальные и эксплуатационные затраты (Рисунок 1) [18].

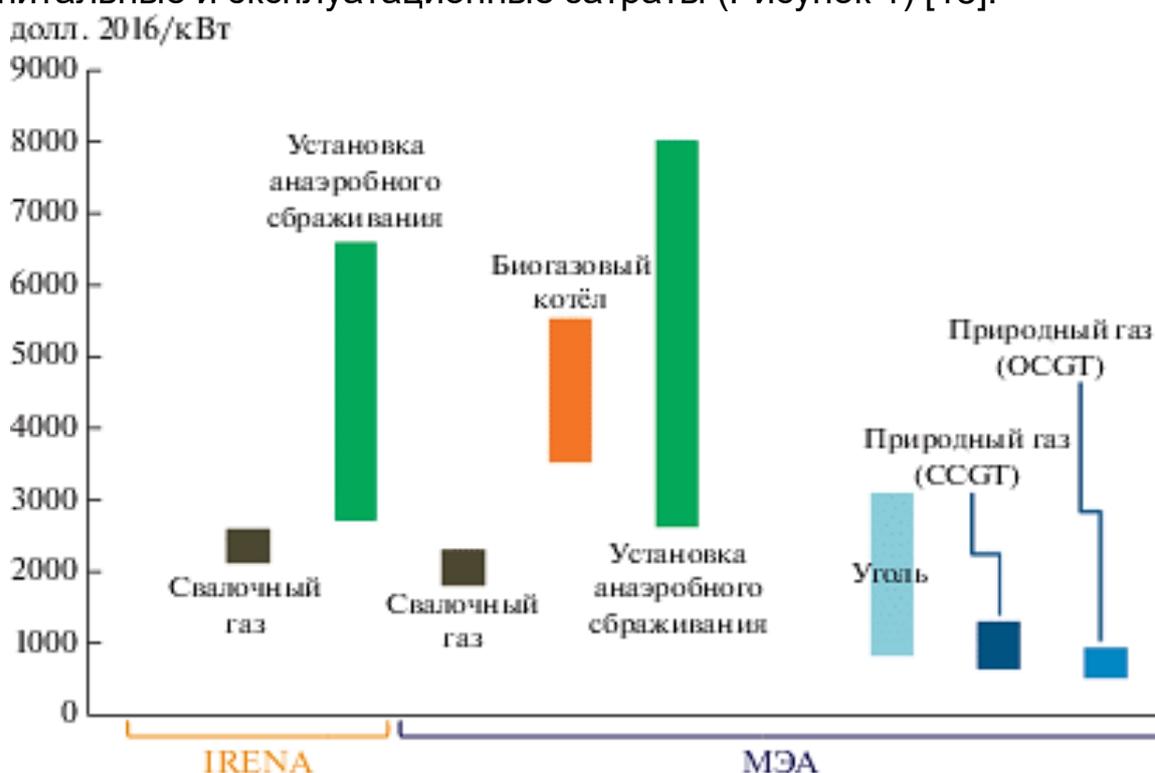


Рисунок 1 - Объем средних капитальных затрат для установок по производству биогаза и установок, работающих на ископаемом топливе.

Авторы: Международное агентство по ВИЭ (возобновляемые источники энергии) (IRENA) и Международное энергетического агентство (МЭА).

Общие капитальные затраты на установку анаэробного реактора варьируются от 3500 до 5000 долларов за м³/час, в зависимости от

размера организма [19]. Инвестиционные затраты на преобразование биогаза в биометан колеблются от 1950 до 2600 долларов за м³/час для установок производительностью более 800-1000 м³/час неочищенных газов. Для небольших установок стоимость намного выше [20-23]. На рисунке 1 показана величина средних капитальных затрат для различных типов биогазовых установок по сравнению с двумя типами обычных установок на природном газе и электростанций, работающих на угле.

В нашей стране установлены максимальные капитальные и эксплуатационные затраты на производство биогаза. Как показывает анализ, цена на электроэнергию, производимую на их основе, находится на уровне мировых реальных затрат. Цена на электроэнергию, производимую на биогазе, в Европе ниже, чем в России, благодаря значительным субсидиям от государства. Таким образом, общая сумма средств, выделенных на установки по производству биогаза и биомассы в 2015 году, составила 2264 млн евро, что на 22,4% больше, чем в 2009 году (Рисунок 2). Средняя стоимость мегаватт-часа увеличилась с 74 до 90 евро за мегаватт-час.

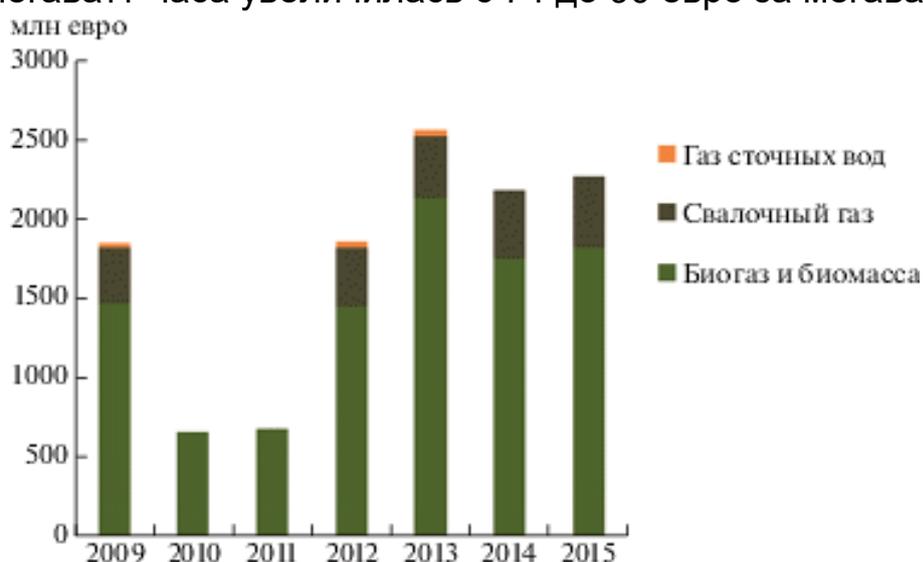


Рисунок 2 - Объем государственной поддержки биоэнергетики в странах ЕС в 2009-2015 годах. составлено авторами в соответствии с отчетами Совета европейских энергетических регуляторов.

В России биогазовые установки в настоящее время недостаточно популярны, хотя для многих регионов нашей страны, которые еще не оснащены природным газом, это было бы хорошим решением энергетической проблемы, тем более что в районах с сельскохозяйственным производством много сырья.

Область производства биогаза пользуется большим спросом, так как он может не только удовлетворять энергетические потребности предприятий, но и поставляться на местные рынки, что может положительно сказаться на улучшении экологической обстановки [21,22].

Выводы.

Сам биогаз выгоден в плане утилизации промышленных и органических остатков продуктов и не губителен для окружающей среды.

У биогазовых технологий имеется огромный потенциал в развитии как для сельского хозяйства, так и всей страны в целом. Увеличение урожайности если использовать удобрения, полученные с биогазовых установок, достигает 30-50%, при том, как обычной навоз и другие органические отходы нельзя использовать как удобрение в течение следующих трех-пяти лет.

Использование биогазовых установок дает право на незамедлительное использование высокоэффективного удобрения, так как биоотходы сбраживаются, получая сброженую массу. Ферментированной массой является готовым, с точки зрения экологии, чистым жидким и твердым удобрением, в котором не содержатся нитриты, семена сорняка, яиц гельминта, патогенной микрофлоры, специфических запахов. Поэтому, при использовании данных видов удобрений урожайность культур во многом увеличивается.

Литература

1. Константинов, Р. И. Техническое решение для повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Р. И. Константинов, Д. Т. Халиуллин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию ИМиТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 120-126.
2. Абделфаттах, А. Х. Энергоэффективное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве / А.Х. Абделфаттах, И.М. Гомаа, Д.Т. Халиуллин // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 335-339.
3. Хаматов, Ф. И. Обзор конструкций топливных фильтров / Ф. И. Хаматов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 84-88.
4. Продукты из вторичного сырья, как основа повышения урожайности сельскохозяйственных культур / Ф. С. Сибгатуллин, З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 227-231.
5. Киселева, Н. Г. Успешное развитие отечественного сельскохозяйственного производства - СПК «Звениговский» / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Циркулярная экономика в сельском

хозяйстве: международный опыт для РТ: Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия РТ, Казань. – Казань, Казанский ГАУ, 2022. – С. 133-140.

6. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 130-137.

7. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112.

8. Мингалиев, Д. А. Результаты экспериментальных исследований разбрасывателя минеральных удобрений / Д. А. Мингалиев, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков, Д. Т. Халиуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 58-62.

9. Фокин, А. И. Пути повышения эффективности молочного производства / А. И. Фокин, Д. Т. Халиуллин, И. И. Кашапов // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 578-586.

10. Хаматханов, И. Ф. Очистка и регенерация моторного масла / И. Ф. Хаматханов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 88-91.

11. Zinnatullina, A. N. Prospects for the use of digital technologies in farms / A. N. Zinnatullina, N. G. Kiseleva, B. Kh. Norov // InternationalForumKazanDigitalWeek-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – Р. 762-765.

12. Гайфуллин, И. Х. Индивидуальная биогазовая установка / И. Х. Гайфуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции ИМиТС. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 83-87.

13. Использование удобрений из куриного помета для выращивания органической продукции / А. С. Ганиев, Ф. С. Сибгатуллин, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. – 2022. – Т. 17, № 1(65). – С. 9-14.

14. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin,

A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resource. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076.

15. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК A01B 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н. Вагизов, А.А. Нурмиев; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ».

16. Перспективы применения препарата Мефосфон для производства удобрений из куриного помета / Ф. С. Сibaгатуллин, З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 11. – С. 22-25. – DOI 10.24411/0235-2451-2019-11105.

17. Киселева, Н. Г. Транспортная задача - логистика в АПК / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 196-203.

18. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2018. – С. 46-49.

19. Валиев, А. А. Анализ нелинейных множественных связей урожайности яровой пшеницы на серо-лесных почвах Республики Татарстан / А. А. Валиев, А. Н. Зиннатуллина // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П. – Казань: Казанский ГАУ, 2022. – С. 573-579.

20. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е.– Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 13-17.

21. Буровые шламы альтернативный источник повышения урожайности сельскохозяйственных культур / З. М. Халиуллина, А. М. Петров, К. О. Синяшин, Р. Р. Ахметзянова // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 158-167.

22. Шогенов, Ю. Х. Потенциал использования биогаза в регионах аграрной специализации / Ю. Х. Шогенов, И. Х. Гайфуллин // Аграрная

наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2019. – С. 204-209.

23. Парфенова, К. А. Обеспечение эффективного управления инвестициями сельскохозяйственных организаций / К. А. Парфенова // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института экономики Казанского ГАУ, Казань, 26–28 мая 2021 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 179-183. – EDN КОНСВМ.

24. Федеральные налоги РФ и их роль в экономике / М. М. Залалтдинов, Р. И. Нуриева, А. Ф. Садыкова, И. Ш. Залялиев // Актуальные проблемы бухгалтерского учета и аудита в условиях стратегического развития экономики : Сборник научных трудов по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, Казань, 20 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 30-33. – EDN EMCIAZ.

©Шорников А.В., Зиганшин Б.Г., Гайфуллин И.Х., 2023

Ахметзянов Ришат Ринатович
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
rishat83@mail.ru

Вагизов Тагир Наилевич
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
tagirvagizov@yandex.ru

Гайфуллин Алмаз Ильмирович
Студент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
almaz301100@mail.ru

СЕРНО-ГРАФИТОВЫЕ КОМПОЗИТЫ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ПОДШИПНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.

Аннотация. В данной статье представлена необходимость использования серных композитов в качестве твердых смазочных материалов. Проведено сравнительное исследование с пластичными смазками и предложены меры по улучшению смазывания и приработки. Предложенные технические решения позволяют снизить момент трения, облегчить приработку и повысить износостойкость узлов трения скольжения.

Ключевые слова. Износостойкость, деталь, трибосопряжение, материал, трение, изнашивание, антифрикционность, подшипник, смазка.

Rishat R. Akhmetzyanov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan state agrarian university, Kazan, Russia
rishat83@mail.ru

Tagir N. Vagizov
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan state agrarian university, Kazan, Russia
tagirvagizov@yandex.ru

Almaz I. Gaifullin
Student
Kazan state agrarian university, Kazan, Russia
almaz301100@mail.ru

SULFUR-GRAPHITE COMPOSITES FOR INCREASING THE SERVICE LIFE OF AGRICULTURAL MACHINERY BEARINGS.

Abstract. This article presents the need to use sulfur composites as solid lubricants. A comparative study with greases was carried out and measures were proposed to improve lubrication and running-in. The proposed technical solutions make it possible to reduce the friction moment, facilitate running in and increase the wear resistance of sliding friction units.

Keywords. Wear resistance, part, tribo-tension, material, friction, wear, antifriction, bearing, lubrication.

Подшипники в узлах трения сельскохозяйственной техники выходят из строя примерно на 50 процентах запланированного срока службы. Из-за особых условий эксплуатации в этом секторе подшипники подвергаются комплексному негативному воздействию. Когда сельскохозяйственная техника выходит из строя, возникают повторные ремонты и простои в критические моменты, что приводит к значительным потерям производительности [1].

При различных нагрузках на подшипники скольжения в разные моменты времени меняется нагрузка на подшипник, например, одна нагрузка может работать в режиме жидкостного трения, а другая - сжимать смазочный слой, создавать металлические контакты для шариков с зацеплением и менять тип трения. Также может измениться направление вращения подшипников скольжения и валов, что может привести к усталости поверхностного слоя.

Работа подшипников для сельскохозяйственной техники в абразивных средах требует применения износостойких материалов, способных выдерживать абразивный износ и поглощать абразивные частицы. Для противостояния абразивному износу можно использовать самосмазывающиеся композиции, которые уменьшают влияние загрязнения абразивной пылью, и материалы, которые могут работать без минеральных смазочных материалов [2-4].

Абразивные материалы опасны для подшипников скольжения, так как они дробятся при попадании в узел трения и покрывают всю поверхность трения. Абразивное дробление может быть устранено путем снижения предела текучести одного из материалов.

Пластмассы и цветные металлы обладают большей деформируемостью, что предотвращает нежелательное дробление абразива. Если абразивные частицы не дробятся, полимеры ведут себя по-другому и изнашиваются менее интенсивно, чем более мягкие металлы.

Неметаллические материалы (резина, твердые породы дерева и пластмассы) приобрели большую популярность в качестве материала для подшипников в сельскохозяйственной технике благодаря своим хорошим антифрикционным свойствам в сочетании со стальными и чугунными цапфами. Из пластмасс используются текстолит, ламинаты, нейлон и фторполимеры. Эти подшипники могут работать с водяной смазкой, особенно в негерметичных или плохо герметизированных

подшипниках сельскохозяйственной техники. Примером может служить подшипник, изготовленный из древесины в соломотрясах в зерноуборочных комбайнах [5-10].

Использование подшипников скольжения из неметаллических материалов значительно увеличивает интервалы между техническим обслуживанием машин. Это связано с тем, что эти материалы продолжают функционировать даже при высоких динамических нагрузках [11-21].

Хотя использование полимеров имеет много преимуществ, эти материалы зачастую очень дороги и часто не отвечают современным требованиям. Поэтому они должны быть заменены более дешевыми и износостойкими композитными материалами.

Сера и ее соединения могут применяться в качестве компонентов антифрикционных материалов. Сера и ее соединения оказывают значительное влияние на антифрикционные свойства материалов. Присутствие серы на поверхностях трения значительно снижает износ и предотвращает заедание. Сера и ее соединения, как и графит, могут устранять заедание при высоких температурах и больших нагрузках.

Сера может использоваться в качестве связующего, а графит и древесная мука - в качестве наполнителей. Сера и графит необходимы для усиления антифрикционного эффекта, а древесная мука используется для обрамления и поддержания стабильности расплава серы в композиции. При использовании этого композита происходит сухое смазывание, и различные загрязнения не задерживаются на поверхности [1-4].

Вот как работает композит. Во время работы комбинированный серно-графитовый состав наносится на поверхности узла трения и проникает в шероховатые неровности, облегчая приработку и снижая трение между компонентами. Эта пленка обновляется за счет высвобождения серной композиции из структуры подшипника. Во время нагрева, когда для снижения температуры требуется больше смазки, сера частично расплавляется из соединения и поднимается к поверхности, образуя сернистые соединения.

Для оценки вероятности возникновения подобных взаимодействий были проведены термодинамические расчеты, позволяющие рассчитать температуру реакции и состав продуктов в таких системах с использованием принципа изотермичности. Термодинамический анализ химических реакционных систем - это теоретический метод, позволяющий рассчитать температуру адиабатической (без потерь тепла) реакции и равновесный состав продуктов реакции. Равновесный состав конечного продукта определяется путем минимизации термодинамического потенциала системы [22]. После расчетов были подготовлены образцы материала и проведены физические и механические испытания. Испытания показали, что материал обладает прочностью 45 МПа при температуре

до 80°C. Этого достаточно для работы в качестве подшипника скольжения. Были подобраны условия производства материала, гранулометрический состав и пропорции компонентов.

Для испытания композитного материала в качестве подшипника скольжения он может быть изготовлен в качестве подшипника скольжения в клавишном механизме зерноуборочного комбайна Sampo SR2010.

При изготовлении подшипника конструкция узла не меняется, а просто переделывается посадочное место. Изготовление подшипникового узла осуществляется в следующие этапы

- Посадочные поверхности подшипника увеличиваются и обрабатываются до получения правильной геометрии;
- Подготавливается композитная порошковая смесь для спекания;
- На подшипниковый узел устанавливается пресс-форма и готовится порошковая смесь композитного материала;
- Композитная смесь прессуется и подвергается термической обработке вместе с компонентом;
- После термообработки композитный материал подвергается горячему прессованию и охлаждается в прессе;
- формовка и механическая обработка посадочной поверхности до требуемого размера.

Размеры посадочной поверхности подшипника изготавливаются в соответствии с номинальными размерами стандартной детали.

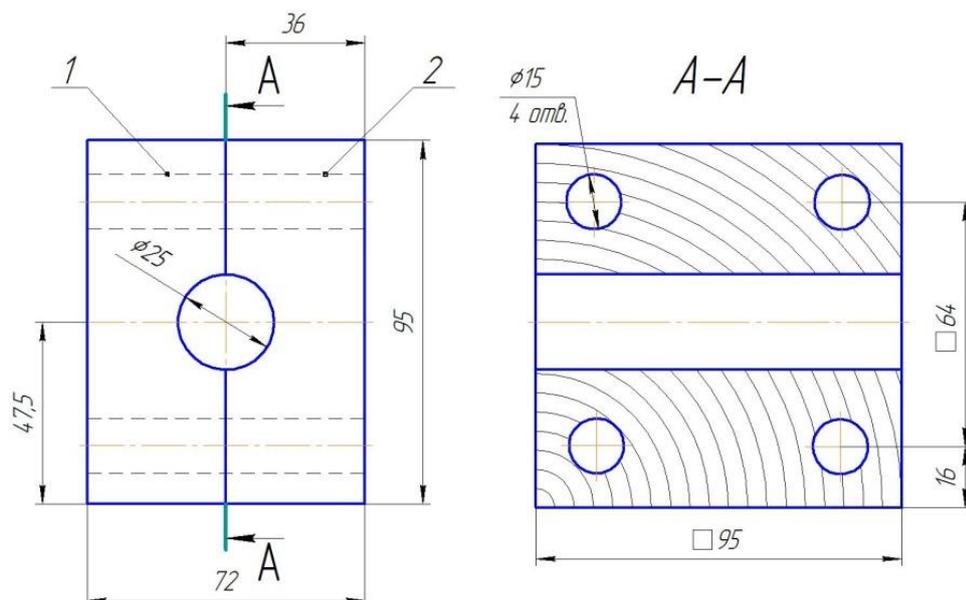
Клавишный механизм соломотряса соединен с коленчатым валом через деревянный подшипник. Процесс смазки является сложным, повторное смазывание в данном случае не производится, так как использование смазки имеет скорее отрицательный, чем положительный эффект, поскольку смазка загрязняется абразивными частицами.

Общий вид подшипника показан на рисунке 1. Деревянные подшипники имеют высокую силу трения и низкую теплопроводность, поэтому нагрев часто вызывает расширение и заклинивание вала.

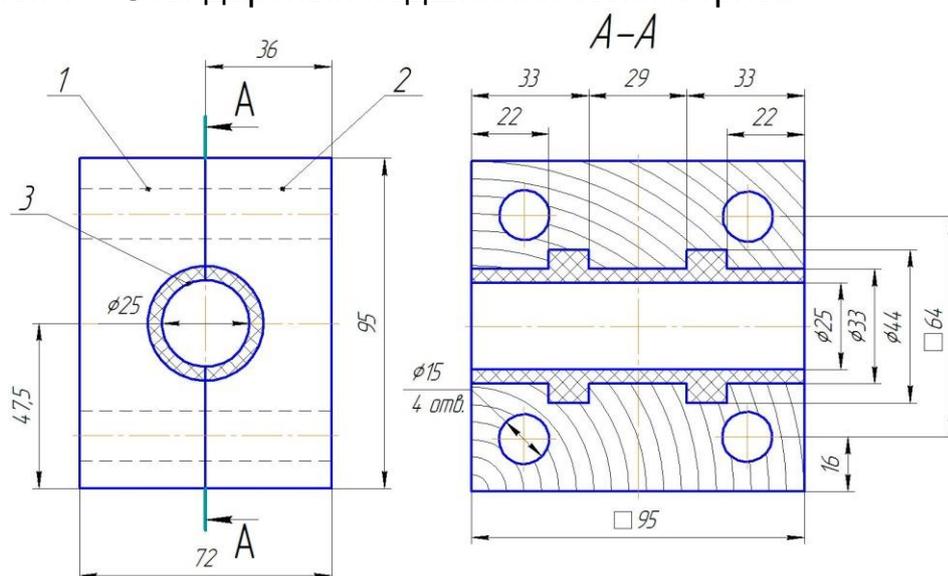
Чтобы преодолеть эти недостатки, был разработан подшипник, который не меняет конструкцию подшипника коленчатого вала соломотряса. Общий вид разрабатываемого подшипника скольжения показан на рисунке 2.

Если подшипники изготавливаются после термообработки, посадочные поверхности должны быть обработаны до номинального размера.

Эскиз подшипникового узла коленчатого вала для соломотряса комбайна Sampo SR2010 позволяет изготовить прототипы подшипников скольжения.



1 – верхняя колодка, 2 – нижняя колодка
 Рисунок 1 – Стандартный подшипник соломотряса



1 – верхняя колодка. 2 – нижняя колодка, 3 – слой из антифрикционного композиционного материала

Рисунок 2 – Разрабатываемый подшипник соломотряса

Литература

1. Ахметзянов, Р. Р. Увеличение ресурса трибосопряжений сельхозтехники с применением серографитовых композиционных материалов с древесным наполнителем / Р. Р. Ахметзянов, М. Х. Фасхутдинов // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 143-147. – EDN YQPPTTR.
2. Хабибуллин, И. Г. Вяжущее для получения композиционных материалов И. Г. Хабибуллин, Х. С. Фасхутдинов, Р. Р. Ахметзянов //

Патент № 2410350 С2 Российская Федерация, МПК С04В 28/36, С04В 12/00.: № 2008115180/03: заявл. 17.04.2008: опубл. 27.01.2011; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет". – EDN KPIOXE.

3. Ахметзянов, Р. Р. Композиционные материалы на основе серного связующего и дисперсных наполнителей для изделий машиностроения: специальность 05.16.09 "Материаловедение (по отраслям)»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ахметзянов Ришат Ринатович. – Набережные Челны, 2017. – 22 с. – EDN ZQFKZD.

4. Ахметзянов, Р. Р. Разработка подшипника скольжения с регенерирующейся смазочной пленкой / Р. Р. Ахметзянов, Х. С. Фасхутдинов, Р. Р. Шайхутдинов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 13. – С. 299-300. – EDN SNWYWF.

5. Салахов, И. М. Основные направления восстановления и упрочнения режущих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин / И. М. Салахов, Н. Ф. Вафин, Т. Н. Вагизов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 139-145.

6. Совершенствование составов и технологии получения световозвращающих материалов / Т. Н. Вагизов, Н. Я. Галимова, Н. А. Адыева, Э. Э. Шарафутдинова // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019: материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 12-15.

7. Вагизов, Т. Н. Внедрение информационных технологий для проектирования технологических процессов при производстве, ремонте и сервисном обслуживании сельскохозяйственной техники / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 16-24.

8. Галиев, И. Г. Результаты по обоснованию влияния остаточного ресурса на надежность агрегатов и систем трактора / И. Г. Галиев, А. А. Мухаметшин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2010. – № 2(17). – С. 66-67.

9. Галиев, И. Г. Классификация факторов, влияющих на работоспособность турбокомпрессоров двигателей / И. Г. Галиев, В. И. Дардымов, В. Н. Малыгин // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2016. – С. 185-189.
10. Increase of efficiency of tractors use in agricultural production / I. Galiev, S. Khafizov, N. Adigamov, R. Khusainov // Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23–25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 373-377.
11. Justification of the optimal annual load on the tractor providing for its parameters stress on the formed crop / K.A. Khafizov, R.N. Khafizov, A.A. Nurmiev, I.G. Galiev // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020.
12. Галиев, И.Г. Оценка условий функционирования тракторов в аграрном производстве / И.Г. Галиев, Р.К. Хусаинов // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10. – С. 13-15.
13. Галиев, И.Г. Управление работоспособностью техники с учетом условий аграрного производства / И.Г. Галиев, А.А. Мухаметшин, И.Р. Исхаков, А.Р. Шамсутдинов // Вестник Казанского ГАУ. – 2010. – Т. 5. – № 3(17). – С. 86-88.
14. Галиев, И.Г. Индивидуальная система смазки подшипникового узла турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания / И.Г. Галиев, А.Т. Кулаков, А.Р. Галимов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2020. – № 2(68). – С. 252-258.
15. Влияние уровня эксплуатации тракторов в сельскохозяйственном производстве на показатели их надежности / И.Г. Галиев, Р.К. Хусаинов, Т.А. Хусаинова [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 77-80.
16. Галиев, И.Г. Обоснование сроков ремонта и службы тракторов в аграрном производстве / И.Г. Галиев, Р.М. Гимадиев, А.Р. Галимов, Д.Н. Мухаметзянов // ООО Каллистон. – 2018. – Т. 5, № -3. – С. 019-025. – 2018. – Т. 5, № -3. – С. 019-025.
17. Ситдииков, Ш. К. Исследование эффективности восстановления деталей схм технологическими методами / Ш. К. Ситдииков, И. Р. Гайнутдинов, М. Н. Калимуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 41-45. – EDN KAOQFO.

18. Замалиев, И. И. Совершенствование процесса восстановления деталей железнением с формированием покрытия повышенной толщины / И. И. Замалиев, М. Н. Калимуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова Игоря Евгеньевича, Казань, 25–26 мая 2017 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 120-123. – EDN NRXFHJ.
19. Хаматханов, И. Ф. Очистка и регенерация моторного масла / И. Ф. Хаматханов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 88-91.
20. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
21. Method of justification for parameters of tractor-implement unit with regards to their impact on crop productivity / С. Khafizov, A. Nurmiev, R. Khafizov, N. Adigamov // Engineering for Rural Development: Proceedings, Jelgava, 23–25 мая 2018 года. Vol. 17. – Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2018. – P. 176-185. – DOI 10.22616/ERDev2018.17.N193.
22. Mustashkina, D. A. Development of agriculture based on geographic information technologies / D. A. Mustashkina, M. M. Khannanov, M. N. Kalimullin, N. V. Karpova // E3S Web of Conferences: International Conference “Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic” (EFSC2021), Doushanbe, Republic of Tadjikistan, 29–31 марта 2021 года. Vol. 282. – Doushanbe, Republic of Tadjikistan: EDP Sciences, 2021. – P. 07019.
23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

© *Ахметзянов Р.Р., Вагизов Т.Н., Гайфуллина И., 2023*

Гаязиев Ильнар Наилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

gazel.81@mail.ru

Молочников Денис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент

Ульяновский государственный аграрный университет

им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

denmol@yandex.ru

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

Аннотация. Данная работа посвящена гигиенической оценке производственной вибрации. Представлены источники появления вибрации на производстве и частота вибраций на рабочих местах.

Ключевые слова: гигиеническая оценка, вибрация, скорость вибрации, рабочее место, виброзащитное устройство.

Ilnar N. Gayaziev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

gazel.81@mail.ru

Denis E. Molochnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ulyanovsk State Agricultural University

named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

denmol@yandex.ru

HYGIENIC EVALUATION OF INDUSTRIAL VIBRATION

Abstract. This work is devoted to hygienic evaluation of industrial vibration. The sources of vibration at production and frequency of vibrations at workplaces are presented.

Key words: hygienic assessment, vibration, vibration speed, workplace, vibroprotective device.

В промышленном производстве, строительстве, сельском хозяйстве и транспорте рабочие часто подвергаются вибрации. При работе с инструментом на некоторые механизмы и устройства влияют вибрации, передаваемые непосредственно через обработанные детали. При работе непосредственно рядом со стационарными машинами, станками и специальными установками работник может подвергаться вибрации. Вибрации также подвергаются трактористы-машинисты тракторов [1...3], сельскохозяйственных машин [4...6],

строительной и дорожной техники, а также водители транспортных средств и др. [7...10].

Ручные электрические и пневматические инструменты ударно-ротационного действия широко применяются в различных отраслях промышленности, горнодобывающей, угольной, машиностроительной и на предприятиях по производству строительных материалов. Частота ударов этих инструментов существенно варьируется в зависимости от их назначения от 650 в минуту (пневматические трамбовки) до 12 000 в минуту и выше (заклепочные пневматические молотки).

Тем не менее, рекомендуется гигиенически оценивать вибрации этих инструментов на основе спектрального состава, поскольку некоторые инструменты даже имеют почти одинаковое число оборотов или ударов в минуту (перфораторы и клепальные молотки), а их влияние на организм человека значительно отличается.

В спектре инструментов преобладают низкочастотные компоненты, включающие различные типы трамбовок и перфораторов. Так, пневматический трамбовщик является источником вибрации со скоростью вибрации до 5 см/с, средней геометрической частотой 16 и 32 Гц в октаве и не более 0,6 см/с, начиная с 250 Гц.

В горнодобывающей промышленности на частотах 32 и 63 Гц скорость вибрации перфораторов без виброзащитных устройств достигает 22,5-31 см/с; на более высоких частотах скорость вибрации менее выражена.

Аналогичное значение скорости вибрации зафиксировано и на дробилке в диапазоне частот от 16 до 63 Гц. Однако скорость вибрации этих приборов достаточно высока на высоких частотах, достигая 1-1,2 см/с при 1000-2000 Гц.

Клепальные молотки производят вибрации с менее выраженной низкочастотной составляющей спектра на частоте 16 Гц не более 0,4-0,5 см/с, тогда как в диапазоне 63-250 Гц скорость вибрации достигает 3,5 см/с.

Высокочастотные компоненты в спектре также типичны для шлифовальных машин, бензиновых пил и пневматических ножниц.

На основе многочисленных производных, экспериментальных исследований и клинических наблюдений в нашей стране впервые в мире были разработаны и утверждены гигиенические стандарты передачи вибрации вручную в 1955 и 1969 годах для вибрации рабочих мест.

На сегодняшний предельно допустимые значения колебаний, передаваемых в руки работника, выражаются в единицах скорости колебаний абсолютных величин (см/с) или относительных величин (до) октавных полос и определяются санитарными стандартами СН626-66 и ГОСТ 17770-72 «Ручные станки. Приемлемый уровень вибрации».

ГОСТ 17770-72 также устанавливает, что давление, оказываемое работником на двигателе во время работы (подачи), не должно превышать 200 (Н), то есть около 20 кг.

Источником вибрации на рабочем месте являются вибрационные столы и вибрационные платформы в строительной отрасли. Наибольшие значения скорости колебаний наблюдаются в удвоенной полосе средней геометрической частоты 32 и 63 Гц-до 2,3 см/с. Сильные вибрации происходят в бетоносмесительном цехе-с частотой 1,9 и 0,45 см/с и 63 и 125 Гц, при этом на грануляционном заводе вибрация электродвигателя вентилятора ВМ достигает 0,85-1,2 см/с с частотой 32 Гц. Конус на мосту с одинаковой частотой до 2,65 см/с. При более высоких частотах спектра скорость вибрации на этих рабочих местах не очень выражена.

Вибрация рабочего места тракториста-машиниста и сельскохозяйственной техники выражается преимущественно низкочастотной составляющей спектра; в октавных полосах частот 2 и 4 Гц она достигает 15-20 см/с и выше. На промышленных предприятиях (по СН245-71) и тракторах, сельскохозяйственных машинах и других видах наземных самоходных машин различаются предельно допустимые значения вибрации рабочего места тракториста-машиниста.

Оценка вибрации, возникающих при работе оборудования и передаче их на рабочие места производственных помещений, осуществляется при решении инженерно-технических задач, связанных со строительством зданий. При решении проблемы виброустойчивости с гигиенической точки зрения вибрация оценивается величиной скорости вибрации.

Литература

1. Зиганшин, Б. Г. Проблемы повышения безопасности при эксплуатации и обслуживании тракторов и сельскохозяйственных машин / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: Международная научно-практическая конференция, Казань, 05–08 августа 2014 года. Том II. – Казань: Издательство Казанского государственного технического университета, 2014. – С. 259-260
2. Вакуумные насосы доильных установок / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев, А. А. Мустафин [и др.] // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 32-33.
3. Патент № 2382905 С2 Российская Федерация, МПК F04C 25/02, F04C 18/08, F04C 29/12. насос вакуумный двухроторный: № 2008117233/06: заявл. 29.04.2008: опубл. 27.02.2010 / И. Н. Гаязиев, И. Е. Волков, Б. Г. Зиганшин; заявитель Федеральное государственное

образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

4. Development of a model for improving operating performance of vehicles / A. Glushchenko, A. Khokhlov, D. Molochnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012099. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012099.

5. Безопасность транспортировки крупногабаритной сельскохозяйственной техники / А. А. Хазиев, И. Н. Гаязиев, Ф. Ф. Яруллин, Д. Е. Молочников // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 372-376.

6. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

7. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдииков, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.

8. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.

9. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.

©Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., 2023

Фаттахов Рафиль Рамилевич

Аспирант

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

fattahov96@icloud.com

Гаязиев Ильнар Наилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

gazel.81@mail.ru

Молочников Денис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент

Ульяновский государственный аграрный университет

им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

denmol@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫВКИ МОЛОКОПРОВОДА ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: В данной статье рассмотрены факторы влияния промывки молокопровода доильных установок на качество молока.

Ключевые слова: бактериальная обсемененность, доильное оборудование, молоко, плотность, санитарная обработка.

Rafil R. Fattahov

graduate student, *Kazan state agrarian university, Kazan, Russia*

fattahov96@icloud.com

Ilnar N. Gayaziev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

gazel.81@mail.ru

Denis E. Molochnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ulyanovsk State Agricultural University

named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

denmol@yandex.ru

FEATURES OF RINSING THE MILK LINE OF MILKING MACHINES

Abstract: In the article factors of rinsing milking machines which influence milk quality are considered.

Key words: bacterial contamination, milking equipment, milk, density, sanitary treatment.

Молоко является многокомпонентной полидисперсной системой, все составные вещества в которой находятся в тонкодисперсном

состоянии, благодаря чему молоку обеспечивается жидкостная консистенция.

Молоко также является благоприятной средой для размножения бактерий и микроорганизмов. Данный продукт проверяется на состояние чистоты, плотность, кислотность, содержание жира и белка, а также бактериальную обсемененность. Их влияние на качество продукта отмечается в работах отечественных исследователей (А.А. Панин, Ю.А. Ушаков, Г.П. Дегтерев и др.)

Также существуют факторы, которые оказывают существенное влияние на качество молока: здоровье лактирующих животных; условия их кормления, содержания, поения; условия получения молока, первичная обработка в агропромышленном комплексе; состояние здоровья обслуживаемого персонала; санитарно-гигиеническое состояние молочного инвентаря оборудования, степень подготовленности высококвалифицированного персонала и оснащения рабочих мест; уровень проводимых мероприятий при эксплуатации оборудования для доения; условие доения; санитарно-гигиенические средства контроля и качества функционирующего элемента молокопровода; механизация и автоматизация проводимых санитарно-гигиенических операций при эксплуатации, и др. [1,2,3,4,5].

Одним из важнейших показателей качества молока, определяющего его технологические свойства, как сырья для дальнейшей его переработки является бактериальная обсемененность.

Существенное влияние на бактериальную обсемененность производимой продукции оказывает своевременная промывка, охлаждение и санитарно-гигиеническое состояние доильной установки, представленная в таблице 1. При неудовлетворительном состоянии санитарно-гигиеническим требованиям доильного оборудования дальнейшее охлаждение обсемененного молока не приведет к положительным результатам [6,7,8].

Промывка одна из важнейших операций по обслуживанию доильной установки. При недостаточно тщательной промывке доильной установки, бактериальная обсемененность молока будет быстро расти, и полученный продукт, окажется зараженным.

Основная цель промывки доильной установки — это удаление различных загрязнений с поверхности молокопровода, которые контактируют с молоком [9,10].

Исходя из выше изложенного, можно считать, на качество и эффективность промывки доильной установки влияет воздействие температурного режима, скорость течения раствора по системе, его концентрация, продолжительность циркуляции и другие факторы. Отсюда видно, что, режимы мойки молокопроводных систем и параметры оборудования для данной цели требуют конкретного обоснования. На качество мойки молокопроводных систем значительно

влияет режим течения моющего раствора, то есть скорость и турбулентность потока.

Таблица 1 - Основные причины бактериальной обсемененности молока, в 1 мл

№ п/п	Источник бактериального осеменения	Количество бактерий в 1 мл
1	Не производится сдаивание первых струй	100-1000
2	Воздушная среда в коровнике	100-1500
3	Загрязненное вымя	500-15000
4	Недостаточная мойка и дезинфекция доильного и молочного оборудования	500000
5	Недостаточное охлаждение молока	5000000

Для улучшения качества промывки необходимо использовать турбулентное завихрения потока, который будет образовывать вихри (возмущение), активно воздействующие на стенки молокопроводных систем, смывая все остатки молока и жира. При увеличении степени турбулентности потока жидкости, увеличивается сила, воздействующая на стенки молокопровода, таким образом, улучшается качество промывки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаязиев, И. Н. Вакуумный насос для доильных установок / И. Н. Гаязиев, Р. Р. Лукманов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 10. – С. 12-14. – EDN JWJHAY.
2. Зиганшин, Б. Г. К определению конструктивно-технологических параметров двухроторного вакуумного насоса / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев, И. И. Кашапов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7. – № 4(26). – С. 75-78. – EDN PМBFJH.
3. Зиганшин, Б. Г. Вакуумные насосы доильных установок / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев, А. А. Мустафин [и др.] // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 32-33. – EDN RTIZXH.
4. Патент на полезную модель № 127136 U1 Российская Федерация, МПК F04C 25/02. Насос вакуумный двухроторный: № 2012152764/06: заявл. 06.12.2012: опубл. 20.04.2013 / Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Лукманов, Р. Р. Гайнутдинов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ). – EDN PTTSZF.
5. Патент на полезную модель № 127837 U1 Российская Федерация, МПК F04C 25/02. Двухроторный вакуумный насос: № 2012152736/06: заявл. 06.12.2012: опубл. 10.05.2013 / Б. Г. Зиганшин, И. И. Кашапов, Р.

Р. Гайнутдинов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ). – EDN DOQHFY.

6. Зиганшин, Б. Г. Влияние техники и технологии производства молока на качество заготавливаемой продукции / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев, А. И. Фокин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 160-164. – EDN VPREXT.

7. Фокин, А. И. Комбинированная установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода / А. И. Фокин, Ю. А. Цой, Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10. – С. 11-12. – EDN SOPGQT.

8. Гаязиев, И. Н. Современная техника и энергосберегающая технология для охлаждения молока / И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин, А. А. Мустафин, Д. Е. Молочников // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 300-305. – EDN DCNYSO.

9. Далалеев, Э. Р. Эффективная система промывки молокопровода / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 28-29. – EDN YQRJUD.

10. Далалеев, Э. Р. Основные режимы процесса промывки молокопроводов и требования, предъявляемые к ним / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, А. А. Мустафин [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова Игоря Евгеньевича, Казань, 25–26 мая 2017 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 26-31. – EDN YQPTRL.

11. Кашапов, И. И. Повышение эффективности технологии производства молока / И. И. Кашапов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 146-149. – EDN UDTGEZ.

12. Вакуумные насосы доильных установок / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев, А. А. Мустафин [и др.] // Сельский механизатор. – 2013. – № 11. – С. 32-33. – EDN RTIZXH.

13. Энергосберегающий доильный аппарат / Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков, И. И. Кашапов, В. А. Суханова // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 48-54. – EDN PSBYKU.
14. Гилязова, А. Н. Способы утилизации изношенных шин / А. Н. Гилязова, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 323-327. – EDN BNXNCR.
15. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386. – EDN BJKGXO.
16. Сервис импортной и отечественной сельскохозяйственной техники и оборудования в современных условиях / К. А. Хафизов, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев, Н. И. Семушкин. Том Часть 1. – Казань : Казанский государственный аграрный университет, 2009. – 444 с. – EDN RBHZNQ.
17. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Н. Р. Адигамов, Р. Н. Хафизов // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 4. – С. 30-33. – EDN YQGAUX.
18. Хафизов, К. А. Методика расчета МТА по критерию "совокупные энергозатраты" / К. А. Хафизов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 3. – С. 46-51. – EDN KWPNBX.
19. Шарифуллин, С. Н. Пути повышения эффективности работы топливной аппаратуры автотракторных дизельных двигателей / С. Н. Шарифуллин, Н. Р. Адигамов ; С. Н. Шарифуллин, Н. Р. Адигамов. – Казань : Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. – 298 с. – ISBN 978-5-98180-621-6. – EDN QNVSTR.

© Фаттахов Р.Р., Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., 2023

Гаязиев Ильнар Наилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

gazel.81@mail.ru

Молочников Денис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент

Ульяновский государственный аграрный университет

им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

denmol@yandex.ru

Вафин Ильнур Ильфатович

студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

hokkei-basko@mail.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ХРАНЕНИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация. В данной работе изучены особенности организации и соблюдение правил пожарной безопасности при хранении нефтепродуктов и горючих веществ.

Ключевые слова: пожарная безопасность, склады нефтепродуктов, требования пожарной безопасности, противопожарные меры.

Ilnar N. Gayaziev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

gazel.81@mail.ru

Denis E. Molochnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ulyanovsk State Agricultural University

named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

denmol@yandex.ru

Ilnur I. Vafin

Student

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

hokkei-basko@mail.ru

ENSURING FIRE SAFETY DURING STORAGE OF PETROLEUM PRODUCTS

Abstract. In this paper, we studied the features of the organization and compliance with fire safety rules for storing petroleum products and flammable substances.

Key words: fire safety, warehouses of petroleum products, fire safety requirements, fire protection measures.

Пожарная безопасность является одной из составляющих обеспечения национальной безопасности страны. Высокий уровень пожарной безопасности является неотъемлемой частью высокого уровня социально-экономического развития России. Пожары наносят большой материальный ущерб во всех отраслях хозяйства, приводят к гибели людей, загрязняют окружающую среду и атмосферу. В России пожарная безопасность регламентирована Федеральным законом «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 года №69-ФЗ. Данный закон определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в России, регулирует в этой сфере отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, общественными объединениями, юридическими, должностными лицами, гражданами (физическими лицами).

Промышленная деятельность, связанная с горючими и легковоспламеняющимися веществами, занимает особое место в экономике страны. Данный вид деятельности включает в себя производство горючих веществ, их транспортировку, расфасовку и хранение [1,2,3,4]. Остановимся подробнее на пожарной безопасности складов нефтепродуктов. Отметим, что данные объекты опасны воспламенением и горением углеводородов, что подтверждается серьезными чрезвычайными происшествиями, которые часто возникают и приводят к негативным последствиям. Регламентирует деятельность по обеспечению пожарной безопасности при хранении нефтепродуктов свод правил от 26.12.2013 г. № СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов Требования пожарной безопасности». Данный документ содержит понятие склады нефти и нефтепродуктов как комплекс зданий, резервуаров и сооружений, предназначенных для приема, хранения и выдачи нефти и нефтепродуктов. К складам нефти и нефтепродуктов относятся: предприятия по обеспечению нефтепродуктами (нефтебазы); резервуарные парки и наливные станции магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов; товарно-сырьевые парки центральных пунктов сбора нефтяных месторождений, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий; склады нефтепродуктов, входящие в состав промышленных, транспортных, энергетических, сельскохозяйственных, строительных и других предприятий и организаций (расходные склады) [5, 6].

Также данный свод правил содержит противопожарные меры, применяемые в отношении складских объектов хранения горючих веществ, которые состоят из нескольких групп [7, 8, 10]:

- Выбор удаленной местности для постройки нефтебазы далеко за населенным пунктом.

- Правильное размещение резервуаров для хранения жидких углеводородов; обеспечение беспрепятственного подъезда пожарной техники.

- Обеспечение складов жидких углеводородов наружным противопожарным водоснабжением с нужным расходом воды.

- Монтаж стационарных систем автоматического пожаротушения очагов возгораний.

- Организация постоянного наблюдения за текущей ситуацией на объекте из помещения пожарного поста, диспетчерской с использованием пожарной аппаратуры и систем видеонаблюдения.

Комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности складов нефти включает в себя правила охраны труда при эксплуатации и ремонте оборудования. Правила охраны труда на объектах хранения нефтепродуктов, в свою очередь, включают в себя обязательное прохождение инструктажей по пожарной безопасности, знание противопожарных мер и действий персонала при пожаре.

Существует ряд мероприятий обязательных для соблюдения персоналом [10]:

- Хранение спецодежды дежурного и ремонтного персонала в металлических проветриваемых шкафах, размещенных в специально отведенных помещениях.

- Обеспечение сбора использованного горючего материала в несгораемые контейнеры с плотно закрывающимися крышками; его выемка, вывоз, утилизация по окончании рабочих смен.

- Операции по вскрытию емкостей с нефтепродуктами, их расфасовкой необходимо выполнять в помещениях, удаленных от резервуаров хранения.

- Все работы должны проводиться искробезопасными инструментами.

Помимо рекомендательных мер, существуют и строго запретительные правила, нарушив которые возрастает риск возгорания на предприятии. Таким образом, строго запрещено:

- Работа негерметизированного технологического оборудования.

- Эксплуатация резервуаров хранения и технологического оборудования с неисправными контрольно-измерительными приборами, стационарными системами пожаротушения, подводными трубопроводами; с перекосами, трещинами корпусов, крыш.

- Переполнение железнодорожных, автотранспортных цистерн, резервуаров хранения.

- Отбор проб из резервуаров в период сливноналивных работ, а также выполнение их во время грозы.

Особое внимание на объектах хранения нефти, жидких нефтепродуктов уделяют технике пожарной безопасности при проведении газозлектросварочных работ по монтажу, ремонту

корпусов резервуаров, технологического оборудования, что включает оформление нарядов-допусков на выполнение огневых работ, подготовку мест проведения, обеспечение их переносными, передвижными огнетушителями, контроль со стороны администрации предприятия.

Таким образом, можно сделать вывод, что в современных условиях в нефтегазовом бизнесе одними из серьезных проблем являются пожары, взрывы и загрязнение экологии. Кроме угрозы жизни населения и персонала, такие события приводят к большим материальным потерям. За последние годы развитие технологии позволило существенно уменьшить число опасных происшествий в нефтегазовой отрасли. Но они все еще происходят, критически воздействуя на финансовое состояние бизнеса. В связи с этим, большую роль играют мероприятия, направленные на предотвращение чрезвычайных происшествий. Вопреки расхожим мнениям о том, что такие происшествия «невозможно предсказать», практика показывает, что большинство из них можно избежать, соблюдая элементарные правила пожарной безопасности.

Литература

1. Тазиев, Р. Р. Сравнительный анализ бензиновых и дизельных двигателей / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 175-181.
2. Тазиев, Р. Р. Автомобильный бензин / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // *Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Матяшина Ю.И., Казань, 28 февраля 2023 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 483-489.
3. Мифтахов, М. А. Влияние качества топлива на эксплуатационные показатели автомобиля / М. А. Мифтахов, А. А. Нурмиев // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 193-198.
4. Этаноловое топливо / В. Л. Киселев, К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 369-375.

5. Оценка пожарной опасности технологического процесса хранения нефти с учетом регламентированных параметров технологического процесса / Р. Р. Киямова, И. Н. Гаязиев, В. М. Медведев [и др.] // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции*, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 387-389.
6. Хабибуллин, И. Х. Мероприятия по повышению пожарной безопасности при хранении нефтепродуктов / И. Х. Хабибуллин, И. Н. Гаязиев, Д. Е. Молочников // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г.*, Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 493-497.
7. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях автосервиса / Г. Г. Абдулхакова, Ф. Ф. Яруллин, И. Н. Гаязиев [и др.] // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции*, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 376-379.
8. Пожарная безопасность при перевозке опасных грузов / Г. И. Сахапова, И. Н. Гаязиев, В. М. Медведев [и др.] // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции*, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 393-396.
9. Зиганшин, Б. Г. Проблемы повышения безопасности при эксплуатации и обслуживании тракторов и сельскохозяйственных машин / Б. Г. Зиганшин, И. Н. Гаязиев // *Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности: Международная научно-практическая конференция*, Казань, 05–08 августа 2014 года. Том II. – Казань: Издательство Казанского государственного технического университета, 2014. – С. 259-260.
10. Зайцев, А. С. Пожарная безопасность при перевозке опасных грузов / А. С. Зайцев, И. Н. Гаязиев, Д. Е. Молочников // *Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича*, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 400-403.

© Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., Вафин И.И., 2023

Гаязиев Ильнар Наилевич

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

gazel.81@mail.ru

Молочников Денис Евгеньевич

Кандидат технических наук, доцент

Ульяновский государственный аграрный университет

им. П.А. Столыпина, Ульяновск, Россия

denmol@yandex.ru

Вафин Ильнур Ильфатович

студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия

hokkei-basko@mail.ru

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация. В данной статье освещены основные вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных объектов нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: нефтегазовый комплекс, пожарная безопасность, горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости, основные факторы возникновения пожара, противопожарное оборудование.

Ilnar N. Gayaziev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

gazel.81@mail.ru

Denis E. Molochnikov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ulyanovsk State Agricultural University

named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk, Russia

denmol@yandex.ru

Ilnur I. Vafin

Student, Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

hokkei-basko@mail.ru

FIRE SAFETY OF PRODUCTION FACILITIES OF THE OIL AND GAS COMPLEX

Abstract. This article highlights the main issues of ensuring fire safety of production facilities of the oil and gas complex.

Key words: oil and gas complex, fire safety, combustible gases, flammable liquids, main factors of fire, fire fighting equipment.

Производственные объекты нефтегазового комплекса в настоящее время являются важной частью современной экономики России. Поэтому проблема безопасности в промышленности стоит остро как никогда. Это, во-первых, вызвано такими факторами, как развитие новых технологий добычи, хранения и переработки нефтепродуктов [1,2,3,4], во-вторых, использование сложных технических операций с использованием автоматических систем.

Объекты нефтегазового комплекса считаются очень опасными, поэтому они должны отвечать всем нормативам пожарной безопасности. Даже небольшие нарушения правил пожарной безопасности могут стать причиной огромных материальных и человеческих потерь, чего, однозначно, нельзя допускать [5, 6, 7, 8].

Предприятия нефтегазового комплекса отличаются содержанием большого количества взрывоопасных продуктов и взрывоопасного сырья, а также средств современной техники, что, несомненно, создаёт реальную опасность возникновения крупных техногенных аварий и катастроф, сопровождающиеся пожарами и взрывами.



Рисунок 1 – Главные опасные факторы пожара производственных объектов

На производственных объектах нефтегазового комплекса возможно возникновение пожаров следующих классов:

- пожары твердых горючих веществ и материалов;
- пожары горючих жидкостей;
- пожары горючих веществ и материалов электроустановок.

Основное в противопожарном режиме производственных объектов – это обеспечение эффективных мероприятий по соблюдению противопожарных правил, обучение персонала действиям при возникновении задымления и очага возгорания, правилам эвакуации работников предприятий.

Система обеспечения пожарной безопасности – это комплекс мер, а также средств правового, организационного, экономического, социального и технического характера, направленных не только на борьбу с пожарами, но и их предотвращению.

Промышленная противопожарная безопасность характеризуется следующими факторами:

- современными техническими решениями, принятыми при проектировании объектов;
- строгим соблюдением норм технологического режима процессов и требований правил безопасности и;
- безопасной эксплуатацией технических устройств, отвечающих требованиям нормативно-технической документации при эксплуатации и обслуживании и ремонте;
- системой и уровнем подготовки квалифицированных кадров.

На всех производственных объектах нефтегазового комплекса должны быть оформлены распорядительные документы, направленные на обеспечение пожарной безопасности.

Особую роль играет организация противопожарной пропаганды, которая имеет своей целью информирование о возможных проблемах и угрозах, выявленных при проведении профилактических мероприятий на объектах.

Обязательно на предприятиях нефтегазового комплекса должна быть организована профессиональная пожарная охрана. Она должна решать задачи по ликвидации чрезвычайной ситуации и тушению пожара.

Необходимый вид пожарной охраны определяется нормативными документами и нормативно-правовыми актами предприятия.

Данные объекты должны иметь систему обеспечения пожарной безопасности, которая включает в себя:

- систему предотвращения пожара;
- систему противопожарной защиты;
- комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Поэтому сооружения и здания предприятий оборудованы целым комплексом противопожарной защиты, одной из важнейшей части которого является система противопожарного водопровода.

И, конечно, основным направлением работы по недопущению возникновения пожара является исключение условий образования горючей среды и источников возгорания.

Поэтому, когда проектируют здания и сооружения нефтегазового комплекса, необходимо предусмотреть следующие аспекты системы пожарной защиты:

- обнаружение источника возгорания пожарными извещателями и системами сигнализации;
- подача сигналов управления системами пожаротушения;

- подача сигналов управления системами пожаротушения;
- подача сигналов управления эвакуацией сотрудников;
- подача сигналов на автоматическое отключение оборудования;
- оперативное отображение состояние системы на дисплее автоматизированного рабочего места оператора.

Вывод:

- проблема обеспечения промышленной безопасности нефтегазового производства имеет масштаб государственной важности;
- качественное проектирование систем пожарной безопасности – главный элемент обеспечения безопасности на промышленном предприятии.

Литература

1. Тазиев, Р. Р. Сравнительный анализ бензиновых и дизельных двигателей / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 175-181.
2. Тазиев, Р. Р. Автомобильный бензин / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // *Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды III Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Матяшина Ю.И., Казань, 28 февраля 2023 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 483-489.
3. Мифтахов, М. А. Влияние качества топлива на эксплуатационные показатели автомобиля / М. А. Мифтахов, А. А. Нурмиев // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 193-198.
4. Этаноловое топливо / В. Л. Киселев, К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // *Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартыянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет.* – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 369-375.
5. Оценка пожарной опасности технологического процесса хранения нефти с учетом регламентированных параметров технологического процесса / Р. Р. Киямова, И. Н. Гаязиев, В. М. Медведев [и др.] // *Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января*

2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 387-389.

6. Хабибуллин, И. Х. Мероприятия по повышению пожарной безопасности при хранении нефтепродуктов / И. Х. Хабибуллин, И. Н. Гаязиев, Д. Е. Молочников // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 493-497.

7. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях автосервиса / Г. Г. Абдулхакова, Ф. Ф. Яруллин, И. Н. Гаязиев [и др.] // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 376-379.

8. Пожарная безопасность при перевозке опасных грузов / Г. И. Сахапова, И. Н. Гаязиев, В. М. Медведев [и др.] // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 393-396.

9. Зайцев, А. С. Пожарная безопасность при перевозке опасных грузов / А. С. Зайцев, И. Н. Гаязиев, Д. Е. Молочников // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 400-403.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

11. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

© Гаязиев И.Н., Молочников Д.Е., Вафин И.И., 2023

Сабилов Булат Миннефаилевич

Ассистент кафедры машин и оборудования в агробизнесе

e-mail: sabbm5@mail.ru

Зиганшин Булат Гусманович

Доктор технических наук, профессор, профессор РАН

e-mail: zigan66@mail.ru

Галеева Лейсан Ильшатовна

студентка

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КОНСАЛТИНГ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ АГРОБИЗНЕСА

Аннотация: Современный мир столкнулся с цифровой революцией, которая коснулась не только сферы информационных технологий, но и всех существующих отраслей экономики. Исключением не стал и агробизнес, которому необходимо адаптироваться из-за изменения процессов, связанных с быстрым развитием технологий и внедрением новых цифровых решений. В условиях цифровой экономики предприятиям необходимо развиваться и приспосабливаться к новым условиям. В этих процессах не обойтись без применения услуг экономического консалтинга. В данной статье представлено определение экономического консалтинга, а также описано, как он может помочь аграрным предприятиям.

Ключевые слова: экономический консалтинг, цифровизация, агробизнес, информационные технологии

Sabirov Bulat Minnefailevich

Assistant of the Department of Machinery and Equipment in

Agribusiness

e-mail: sabbm5@mail.ru

Ziganshin Bulat Gusmanovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the RAS

e-mail: zigan66@mail.ru

Galeeva Leysan Ilshatovna

student

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

ECONOMIC CONSULTING IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF AGRIBUSINESS

Abstract: The modern world is faced with a digital revolution that has affected not only the field of information technology, but also all existing sectors of the economy. Agribusiness, which needs to adapt due to changes

in processes associated with the rapid development of technologies and the introduction of new digital solutions, is no exception. In the digital economy, enterprises need to develop and adapt to new conditions. In these processes, it is impossible to do without the use of economic consulting services. This article presents the definition of economic consulting, and also describes how it can help agricultural enterprises.

Keywords: economic consulting, digitalization, agribusiness, information technology

Цифровизация агробизнеса представляет собой применение инновационных технологий и решений для оптимизации процессов в аграрной сфере [1]. Цифровизация помогает усовершенствовать процессы производства, управления, маркетинга и распределения продукции.

К основным тенденциям цифровизации относятся:

1) Сенсорная техника, позволяющая получить детальные данные о почве, растениях и животных. Использование сенсоров помогает улучшать процессы по уходу за растениями и животными, увеличивать качественные и количественные показатели продукции;

2) Большие данные, благодаря которым можно отслеживать тенденции на рынке и вовремя на них реагировать. Это позволяет повысить эффективность, улучшить производительность и снизить затраты на производство.

3) Облачные технологии, позволяющие хранить и обрабатывать большие объемы информации, а также получать к ним доступ с любого устройства и любой точки мира. Благодаря им появляется возможность управлять производственными процессами удаленно.

4) Использование роботов. Робот - незаменимый помощник, автоматизирующий многие процессы. Он позволяет снизить затраты на трудовые ресурсы, увеличить скорость и точность работы, эффективность производства [2].

Несмотря на все преимущества цифрового подхода к ведению хозяйства, многие фермеры боятся вводить новые технологии в свои хозяйства. Зачастую в основе этих страхов лежит недостаточная проинформированность в данной области [3, 4]. В таком случае на помощь приходит экономический консалтинг.

Экономический консалтинг - это услуга, которая заключается в оказании рекомендаций и советов по оптимизации бизнес-процессов и управлению в рамках предприятия. Целью экономического консалтинга является максимизация прибыли и сокращение издержек, а также усовершенствование работы предприятий [5, 6, 7].

Одной из основных проблем экономического консалтинга в условиях цифровизации агробизнеса является работа с Big Data. Сбор таких данных для дальнейшего их анализа затруднен для большинства фермеров из-за недостаточного количества знаний и опыта в сфере

информационных технологий. По данным исследования Rockwell Automation и IDC, 70% компаний в регионе EMEA (куда входит и Россия) ускорили свои инвестиции в IT сферу, а к 2023 году 75% предприятий будут иметь дорожные карты по цифровой трансформации (1) [8]. Именно поэтому каждому фермеру нужно получать знания и опыт в данной сфере, чтобы оставаться конкурентоспособным.

Также актуальной проблемой в агробизнесе в условиях наших реалий являются инвестиции. По результатам опроса в рамках исследования международной консалтинговой компании McKinsey & Company «Создание ценности в решениях для цифрового сельского хозяйства», только 30-40% компаний, инвестирующих последние 20 лет, имеют положительную доходность (Рисунок 1).

However, companies have seen mixed returns from digital-farming offerings across verticals.

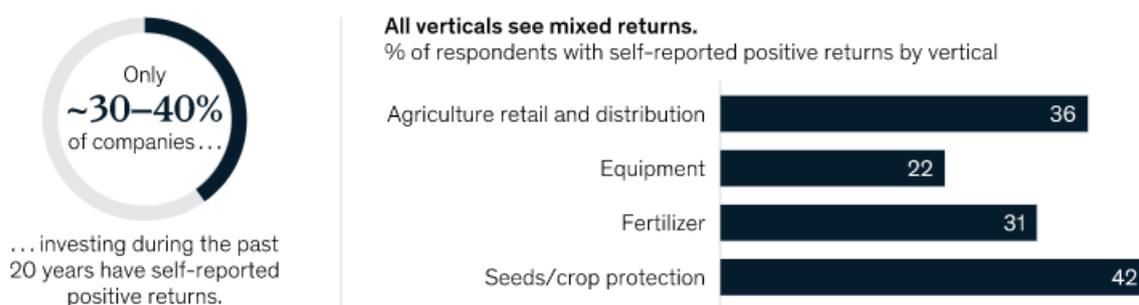


Рисунок 1 - «...только 30-40% компаний, инвестирующих последние 20 лет, имеют положительную доходность...»

Отсутствие стандартизированных методов оценки эффективности внедрения цифровых технологий в агробизнес неизбежно затрудняет процессы принятия решений и приводит к неоправданным рискам, и, как следствие, расходам [9, 10, 11]. Также негативно может сказаться отказ от применения различных подходов к монетизации. Именно эти составляющие, по результатам исследования (2) McKinsey & Company, играют большую роль в формировании положительных результатов в развитии сельскохозяйственных предприятий.

Проанализировав все проблемы, результаты исследований и тенденции развития сельского хозяйства, можно с уверенностью сказать - фермерам необходима помощь экономических консультантов [12, 13].

Примером может служить агрохолдинг Kernel, которая является одной из крупнейших аграрных компаний в Украине. В 2016 году, Kernel обратилась к McKinsey & Company, чтобы получить консультации с целью повышения эффективности в управлении запасами, сокращения расходов и повышения выручки [14, 15]. По результатам консультации, агрохолдинг достиг выгоды в 78 миллионов долларов.

Еще одним примером является агрохолдинг МНР, который также обратился к McKinsey & Company для помощи в оптимизации деятельности. Согласно отчетности компании, МНР сэкономил более 40 миллионов долларов [16]. Также есть множество других примеров успешного применения экономического консалтинга в агроиндустрии, таких как Cargill, Archer Daniels Midland и другие.

Специалисты в сфере экономического консалтинга используют в работе новейшие технологические процессы и постоянно обновляют свои знания, чтобы оставаться конкурентоспособными и востребованными, а также иметь навыки гибкости для быстрой адаптации к новым реалиям.

Работа экономического консультанта начинается с разбора текущего состояния предприятия и определения способов оптимизации бизнес-процессов путем внедрения IT-технологий [17, 18, 19]. Специалист оценивает эффективность различных цифровых решений и выбирает наиболее оптимальный. Далее происходит разработка стратегии развития с учетом рыночных тенденций и анализа конкурентов. Для эффективного применения нововведений требуется обучение персонала и повышение его квалификации - этим также занимается консультант. Для того, чтобы нововведенные технологии имели эффективные экономические показатели, нужно постоянно отслеживать их воздействие и вносить необходимые правки [20]. Экономические консультанты оказывают поддержку предприятию и в проведении таких мероприятий.

Подытожив, можно уверенно утверждать, что в цифровую эпоху, когда изменения происходят с невероятной скоростью, агробизнес должен быть готов к изменениям, чтобы оставаться конкурентоспособным. Экономический консалтинг играет важную роль в успешном развитии бизнеса, помогая предприятиям определить свои цели, разработать стратегии, а также улучшить свои процессы. Использование технологий и инноваций в агробизнесе может привести к более эффективному производству и улучшению результатов [20, 22]. Консалтинговая компания, специализирующаяся на агробизнесе, может помочь внедрить новые технологии и методы, чтобы помочь бизнесу достичь новых высот. Все это делает экономический консалтинг необходимым инструментом для перехода агробизнеса в эру цифровой революции и для успеха в конкурентной борьбе.

Литература

1. Цифровой мобильный контрольный стенд / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. К. Хусаинов [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 16 с.
2. Исследование устройства для дробления зерна / Б. М. Сабилов, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 1(69). – С. 75-79. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-75-79.

3. Халиуллин, Д. Т. Современные технологии производства комбикормов / Д. Т. Халиуллин, М. Р. Хадиев, Б. И. Гарифуллин, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 267-273.
4. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
5. Сабиров, Б. М. Методика определения средней силы удара для разрушения зерна пшеницы / Б. М. Сабиров // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 195-200.
6. Зиганшин, Б. Г. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополднев // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 121-126.
7. Абдуллин, Р. Ф. Разработка стеллажного подъемника / Р. Ф. Абдуллин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 3-8.
8. Гильмуллин, И. Т. Разработка машины для дробления зерна / И. Т. Гильмуллин, И. А. Саляхов, И. Р. Нафиков // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 53-58.
9. The Future of Industrial Digital Transformation in Europe, Middle East, and Africa / [Электронный ресурс] / URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-gb/company/news/press-releases/company/the-future-of-industrial-digital-transformation-inemea.html>
10. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института

механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.

11. Сахарова, В. В. Исследование существующих конструкций измельчителей сочных кормов / В. В. Сахарова // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 263-270.

12. Абдуллин, Р. Ф. Разработка подъемника для складского хозяйства / Р. Ф. Абдуллин, М. Н. Калимуллин, М. З. Салимзянов // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 63-69.

13. A. S. Krasnikov, A. M. Krasnikova. Digital transformation of agriculture: problems and prospects // Journal of Environmental Management and Tourism. – 2020. Vol. 11, No. 1 (35), pp. 95-101.

14. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа ДМС (долотообразный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 115-121.

15. Патент № 2788535 С1 Российская Федерация, МПК А01F 29/00. измельчитель-смеситель кормов: № 2022105492: заявл. 28.02.2022: опубл. 23.01.2023 / Р. С. Пополднев, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

16. D. G. Prokopen. Digital transformation of the agrarian sector: challenges and opportunities // Agro-industrial complex: economics, management. – 2019. Vol. 7, No. 29, pp. 7-13.

17. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая

2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

18. Хасанов, И. А. Разработка и исследования дискового рабочего органа окучника / И. А. Хасанов, И. Р. Нафиков, Р. К. Хусаинов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора Мазитова Н. К. / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 183-188.

19. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

20. Сахарова, В. В. Исследование существующих конструкций измельчителей сочных кормов / В. В. Сахарова // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 263-270.

21. Сабиров, Б. М. Мукомольные свойства зерна ржи и пшеницы / Б. М. Сабиров // Трансформация АПК: цифровые и инновационные технологии в производстве и образовании: Сборник материалов Национальной научно-практической конференции с международным участием, Омск, 30 марта 2022 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 202-205.

22. R. L. Hardgrave, J. Weber. The digital transformation of supply chain management // International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 2018. Vol. 48, No. 4, pp. 391-401.

©СабировБ. М., ЗиганшинБ. Г., Галеева Л.И. 2023

Адиатуллин Алмаз Рамилевич

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Хуснутдинов Булат Ильнурович

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Нурмиев Азам Ахиарович

Старший преподаватель

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕНЗИНОВОГО ТОПЛИВА НА РАБОТУ ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация. В статье рассматриваются особенности влияния характеристик бензинового топлива на работу двигателя.

Ключевые слова: двигатель, бензиновое топливо, спецтехника, эксплуатация.

Adiatullin Almaz Ramilevich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan

Khusnutdinov Bulat Ilnurovich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan

Nurmiev Azat Akhiarovich

Senior Lecturer, Kazan State Agrarian University, Kazan

INFLUENCE OF GASOLINE FUEL CHARACTERISTICS ON ENGINE OPERATION

Annotation. The article discusses the features of the influence of the characteristics of gasoline fuel on the operation of the engine.

Keywords: engine, gasoline fuel, special equipment, operation.

Введение. Автомобильные бензины, производимые в нашей стране должны соответствовать определенным требованиям и нормам, которые предъявляются различными надзорными органами, производителями топлива, автопроизводителями и различными экологическими службами. Поэтому от качества используемого топлива будет в первую очередь зависеть ресурс двигателя, его эксплуатационные свойства и токсичность отработавших газов.

Цель работы. Целью данного исследования можно обозначить выявления основных особенностей влияния характеристик бензинового топлива на работу двигателя.

Результаты исследований. В зависимости от состава сырья, метода переработки состав производимых автомобильных бензинов разнообразна.

По данным исследования сотрудников кафедры двигателей внутреннего сгорания Санкт-Петербургского государственного университета, в зависимости от марки топлива и его типа содержание ароматических СН меняется—от 30 до 56%, олефиновые СН—от 2 до 18%, оксигенации—от 0 до 15%.

Все это в конечном счете влияет на процессы топливо подготовки и топливоподачи, сгорания и выпуска отработавших газов

Автомобильные бензины с аналогичными октановыми числами, определяемыми двигателем и методами исследования, изменения в составе топлива могут привести к очень существенным различиям в производстве бензиновых двигателей. По мощности разница может достигать 2...3% используется для карбюраторных двигателей внутреннего сгорания и 4...6% для инжекторных (рис. 1).

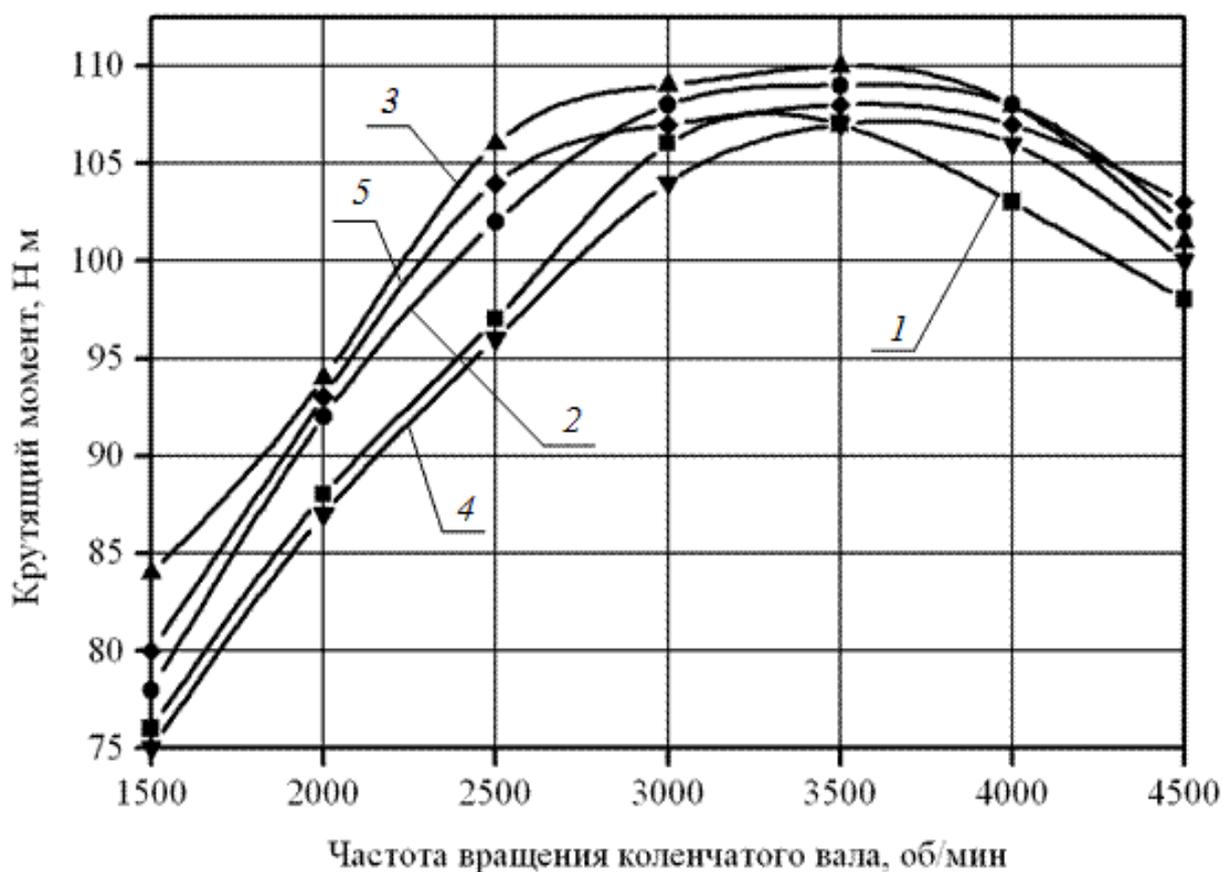


Рисунок 1 - Изменение крутящего момента при работе по внешне-скоростной характеристики на различных бензинах

Если сравнивать эффективное к.п.д. цикла, еще более значительно – соответственно 4...7 % для карбюраторных и 5...9 % для инжекторных. Также наблюдается различие в токсичности по остаточным СН которое может составлять составлять до 20...25 % (рис. 2).

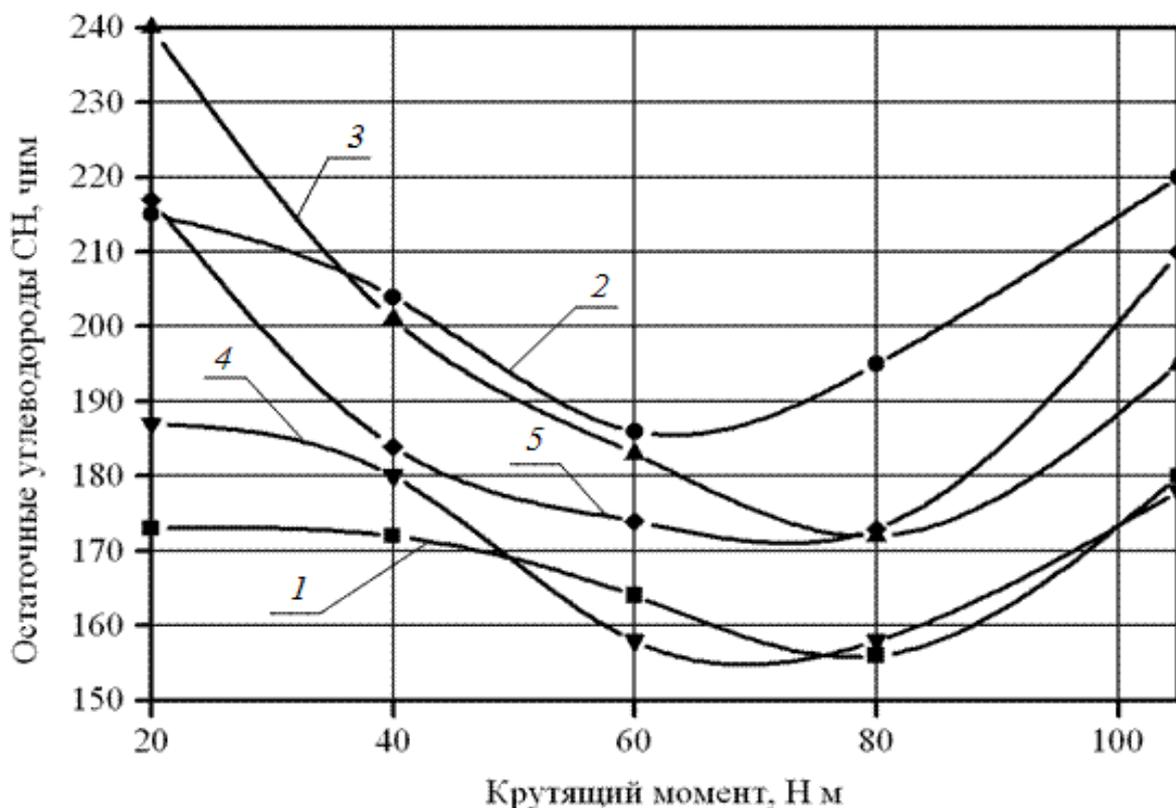


Рисунок 2 – изменение содержания остаточных СН в ОГ бензинового двигателя при работе по нагрузочной характеристике на различных бензинах

Влияние состава топлива на параметры работы ДВС проявляется через изменение следующих физико-химических показателей топлива.

Во-первых, при изменении состава меняется его теплотворная способность. Этот параметр не стандартизирован в соответствии с действующим стандартом ГОСТ (за исключением авиационного бензина), но он оказывает существенное влияние на работу двигателя.

Во-вторых, состав топлива существенно изменяет скорость и целостность сгорания топлива, особенно в зонах, где топливовоздушная смесь обогащена. Топлива с высоким содержанием полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) имеют самую низкую скорость сгорания. Присутствие связанного кислорода в бензине увеличивает скорость и целостность сгорания, что влияет на содержание остаточных углеводородов СН и оксидов азота NO_x .

В-третьих, могут наблюдаться значительные различия в плотности бензина, состоящего из разных компонентов. Этот параметр ранее был стандартизирован в соответствии с действующим стандартом ГОСТ и должен находиться в диапазоне $720...775 \text{ кг/м}^3$. Однако этой спецификации нет в новом техническом регламенте. Но плотность топлива очень важна для настоящего двигателя. Это связано с тем, что все измерения. Компоненты системы подачи топлива сконфигурированы с учетом объема. Расход топлива, то есть качество

циркулирующей подачи в одном и том же режиме для разных бензинов, будет иметь разную плотность топлива.

В-четвертых, его фракционный состав во многом зависит от химического состава топлива, что влияет на его испаряемость.

В-пятых, состав топлива оказывает влияние на детонационную стойкость бензина.

Снижение содержания ароматических соединений меньше 30 % не приведет к значительному улучшению экологических характеристик двигателя, но приведет к снижению мощности.

Важным фактором, влияющим на производительность бензиновых двигателей (главным образом инжекторных), является наличие в бензине моющих присадок. Понятно, что для ввода в топливо используется наименьший процент моющих присадок. Это непрактично при современной технологии производства топлива. При изменении параметров двигателя невозможно добиться значительного мгновенного эффекта. Эффект от использования моющих присадок проявляется после длительного пребывания в двигателе. В процессе проведения большого количества исследований по эксплуатации двигателей на топливах, содержащих моющие присадки, была отмечена общая закономерность временных изменений показателей топливной экономичности и токсичности выхлопных газов.

Поэтому на начальной стадии использования бензина с моющими присадками наблюдается незначительное ухудшение выходных параметров двигателя с точки зрения мощности и токсичности выхлопных газов с точки зрения компонентов СН. Очевидно, это связано с увеличением количества механических примесей и других загрязняющих веществ, поступающих в топливо со стенок компонентов системы питания двигателя. Более того, чем более очевиден этот эффект, тем выше начальный уровень загрязнения двигателя и тем больше концентрация моющих присадок. По мере увеличения времени работы бензиновых двигателей, использующих моющие присадки, стабильность параметров в определенной степени превышает исходный уровень - как с точки зрения мощности и топливной экономичности, так и с точки зрения токсичности выхлопных газов. Однако следует отметить, что эти параметры не увеличены, а восстановлены до уровня, близкого к стандартным параметрам ДВС.

Литература

1. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

2. Хаматханов, И. Ф. Очистка и регенерация моторного масла / И. Ф. Хаматханов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 88-91.
3. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа ДМС (долотообразный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 115-121.
4. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
5. Development of a model for improving operating performance of vehicles / A. Glushchenko, A. Khokhlov, D. Molochnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012099. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012099.
6. Результаты моторных испытаний экспериментального бензинового двигателя внутреннего сгорания / Д. М. Марьин, И. Р. Салахутдинов, Д. Е. Молочников [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 4-2(56). – С. 64-68. – DOI 10.12737/2073-0462-2020-64-68.
7. Criteria for optimizing the process of motor oil regeneration / A. Glushenko, A. Hohlov, D. Molochnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. Vol. 403. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012098. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012098.
8. Системная математическая модель транспортных средств по критерию оптимизации - минимальный выброс в атмосферу диоксида углерода / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора

- А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 122-130.
9. Хаматов, Ф. И. Обзор конструкций топливных фильтров / Ф. И. Хаматов, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 84-88.
10. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдилов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
11. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDPSciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
12. Этаноловое топливо / В. Л. Киселев, К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 369-375.
13. Тазиев, Р. Р. Сравнительный анализ бензиновых и дизельных двигателей / Р. Р. Тазиев, А. А. Нурмиев // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 175-181.
14. Мифтахов, М. А. Влияние качества топлива на эксплуатационные показатели автомобиля / М. А. Мифтахов, А. А. Нурмиев // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвящённой 100 - летию Казанского ГАУ, Казань, 10–11 июня 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 193-198.
15. Calculation of making doses of fertilizers under planned yield of spring wheat using an artificial neural network / A. A. Valiev, R. I. Ibyatov, S. V. Novikova, N. G. Kiseleva // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00120.

16. Валиев, А. А. Построение искусственных нейронных сетей для задачи прогнозирования / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 238-243.
17. Валиев, А. А. Одномерная калибровка для анализа урожайности яровой пшеницы / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 259-264.
18. Валиев, А. А. Применение искусственных нейронных сетей при расчете внесения доз удобрений под планируемую урожайность яровой пшеницы / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 232-238.
19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT
20. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

©Адиатуллина А.Р., Хуснутдинов Б.И., Нурмиев А.А., 2023

Хазиев Айбулат Алмазович

e-mail: khaziev.aubylat@gmail.com

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Научный руководитель: Валиев Айрат Расимович –

д.т.н., профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Яруллин Фанис Фаридович –к.т.н.,

доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: fanis4444@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОСЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Аннотация: В данной статье представлен анализ современной техники для посева сельскохозяйственных культур. Предложен способ посева сельскохозяйственных культур с одновременным внесением минеральных удобрений глубже посевного ложа.

Ключевые слова: сеялка, семена, глубина заделки, удобрение.

Khaziev Aybulat Almazovich

e-mail: khaziev.aubylat@gmail.com

Kazan State Agrarian University, Kazan

Scientific supervisor: Valiev Airat Rasimovich

e-mail: ayratvaliev@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

Yarullin Fanis Faridovich

e-mail: fanis4444@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF SOWING AGRICULTURAL CROPS

Abstract: This article presents an analysis of modern technology for sowing crops. A method for sowing agricultural crops with the simultaneous application of mineral fertilizers deeper than the seed bed is proposed.

Keywords: seed drill, seeds, depth of embedding, fertilizer.

На сегодняшний день за рубежом и в нашей стране в сельском хозяйстве применяют ресурсосберегающие (энергосберегающие) технологии, которые обеспечивают снижение себестоимости производства и повышение урожайности. Факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур: природные факторы,

биологические, организационно-технологические. К природным факторам относятся - естественное плодородие почвы и погода; к биологическим - органические удобрения, семена, гибриды; к организационно-техногенным - обработка почвы, минеральные удобрения, средства защита растений и другие [1].

Технология процесса посева является одним из важнейших факторов влияющим на урожайность. Основным агрегатом процесса посева является сеялка. До изобретения сеялок люди разбрасывали семена руками. Преимуществом механизации посевного процесса является точная и равномерная заделка семян. На сегодняшний день существуют различные методы посева и виды сеялок. По способу посева семян различают: рядовые, гнездовые, квадратно-гнездовые, пунктирные, разбросные и однозерновые [2]. По роду тяги подразделяются на: ручные, самоходной шасси, тракторные навесные и тракторные прицепные.

Многие специалисты в сельском хозяйстве сходятся во мнении, что рынок развития сельского хозяйства более склонен к появлению больших, сложных конструкций сеялок. К таким относятся усовершенствованные почвообрабатывающие - посевные комплексы, которые за один проход агрегата перед посевом производят обработку почвы. К таким комбинированным посевным комплексам относятся зарубежная «Lemkensolitaire»(Рисунок 1), «Feat» и отечественная «Ростсельмаш SH/SC»(Рисунок 2), «Agrator», «Урал», «Чародейка».



Рисунок 1—Lemkensolitaire

Рисунок 2 – РостсельмашSH/SC

Использование данных комплексов позволяет:

- провести все необходимые работы в короткие отрезки времени;
- снизить себестоимость за счет большой производительности.

Однако, следует отметить, что почвообрабатывающие посевные комплексы имеют несколько отрицательных сторон:

- транспортировка к полю, через автомобильные дорого общего пользования;
- нужны мощные тракторы 5 - го тягового класса;
- давление на почву тяжелых тракторов;
- сложность устройства;
- низкая маневренность, из-за больших габаритов.

Небольшие сельскохозяйственные предприятия предпочитают использовать «легкие» сеялки, у которых вес не превышает 2,5 тон, и эксплуатируются тракторами 4-го тягового класса. К данным сеялкам относятся УПС-8(Рисунок 3), СПУ-4Д, СЗ-3.6, Альфа-6 (Рисунок 4) и т.д.



Рисунок 3 – Сеялка УПС -8 Рисунок 4 – Сеялка Альфа –6

Основными преимуществами данных сеялок является:

- высокая маневренность;
- легкость транспортировки;
- малое давление на почву;
- простота устройства конструкций;
- низкая цена сеялок.

Недостатками таких сеялок является:

- меньшая производительность;
- увеличение трудозатрат;
- увеличивается расход топлива.

Принцип заделки семян и удобрений у почвообрабатывающих – посевных комплексов и у легких сеялок одинаков. Семена с удобрениями ложатся на глубину 5-8 см [3]. Есть также сеялки с внесением жидких удобрений. В этом направлении вперед ушла немецкая компания Horsch.

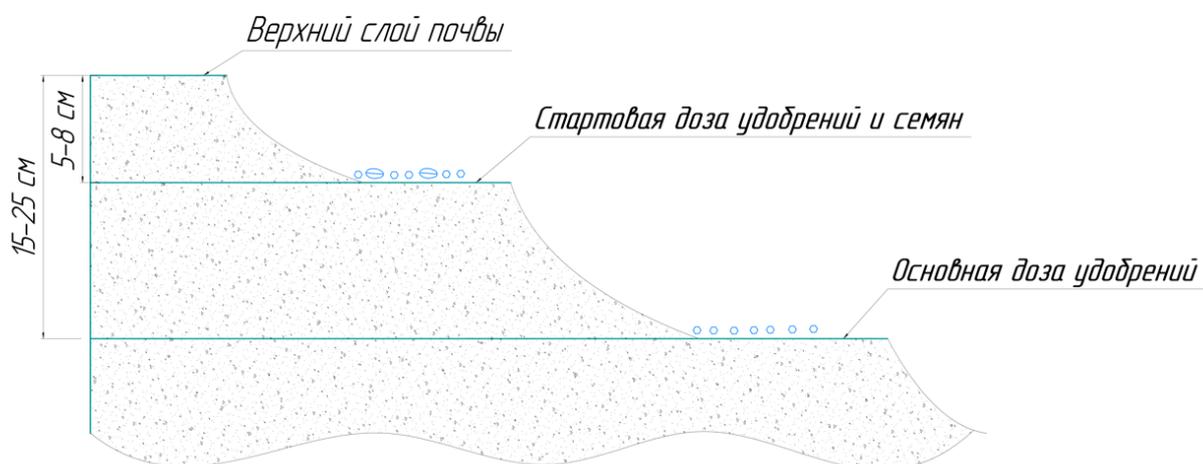


Рисунок 5 – Уровни посева семян и заделки удобрений в почву

Однако, как показывает анализ существующих сеялок, сеялки не обеспечивают одновременно разноуровневый посев семян сельскохозяйственных культур и внесения минеральных удобрений [17-20]. Поэтому предлагаем совершенствовать технологический процесс посева таким образом, чтобы сеялка обеспечивала одновременно посев семян на глубину 5-8 см с стартовой дозой удобрений, а также внесения минеральных удобрений в почву на глубину 15-20 см, то есть глубже семенной ложе на 10-15 см (Рисунок 5).

При таком способе посева, растения обеспечиваются достаточно питательными веществами для старта и в период роста до 2 недель. В дальнейшем корни растений достигают до уровня, где размещена основная доза удобрений и получают питание для основного роста. Таким образом, данный способ посева семян и заделки удобрений позволяет более эффективно использовать вносимые удобрения, а также обеспечивать питательными веществами растения на долгий срок времени.

Литература

1. Сошник сеялки. Патент на полезную модель RU 166955 U1, 20.12.2016 / Е.В. Демчук, И.Д. Кобяков, Р.А. Браулик; заявка No 2016108357/13 от 09.03.2016; опубл. 20.12.2016.
2. Патент № 98857 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010123389/21; заявл. 08.06.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 31.
3. Патент № 2433582 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010112133/21; заявл. 29.03.2010; опубл. 20.11.2011, Бюл. № 32.
4. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г. В. Пикмуллин, Р. Х. Марданов, Т. Н. Вагизов, А. А. Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".
5. Патент № 2442304 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010122370/13; заявл. 01.06.2010; опубл. 20.02.2012, Бюл. № 5.
6. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф.

Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 264 с.

7. Патент № 84179 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И. и др.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. №2009110704/22; заявл. 24.03.2009; опубл, 10.07.2009, Бюл. № 19.

8. Патент № 2400035 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И., Сафиуллин Р.Г.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2009111149/21; заявл. 26.03.2009; опубл, 27.09.2010, Бюл. № 27.

9. Патент № 178960 РФ. Рабочий орган культиватора-плоскореза / Булгариев Г.Г., Яруллин Ф.Ф., Валиев А.Р., Мухамадьяров Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2017145173; заявл. 21.12.2017; опубл, 24.04.2018, Бюл. № 12.

10. Валиев, А.Р. Ротационный луцильник для мульчирующей обработки почвы / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Материалы Всероссийской научно–практической конференции «Инновационное развитие агропромышленного комплекса». – Казань: изд–во Казанского ГАУ, 2009. – Т 76. – Часть 2. – С. 193–196.

11. Сабиров, Р.Ф. Оптико-гидромеханическая система автопозиционирования культиватора / Р.Ф. Сабиров, В.М. Медведев, Ф.Ф. Яруллин, Г.Т. Шафигуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2019 – С. 183-187.

12. Яруллин, Ф.Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань. – 2015. – 22 с.

13. Яруллин, Ф.Ф. Результаты полевых исследований почвообрабатывающего орудия с эллипсоидными дисками / Ф.Ф. Яруллин, Р.И. Ибяттов, С.М. Яхин, Р.Х. Гайнутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). – С. 123-127.

14. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 264 с.

15. Патент № 96313 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010110752/22; заявл. 22.03.2010; опубл, 27.07.2010, Бюл. № 21.

16. Яхин, С.М. Обоснование конструктивно-технологических параметров дисковой шлифовальной установки / С.М. Яхин, Р.И. Ибяттов, Ф.Ф. Яруллин, З.Д. Гургенидзе // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 1 (247). – С. 27-31.
17. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа Agrator Anker (анкерный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 230-235.
18. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа DMC (долотообразный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 115-121.
19. Хафизов, К. А. Обоснование выбора сельскохозяйственных машин для подготовки почвы к посеву с целью оптимизации параметров трактора и агрегата / К. А. Хафизов, А. А. Нурмиев, Р. Н. Хафизов // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 26-30.
20. Хафизов, К. А. Методика расчета часового расхода топлива двигателя трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 30-34.

Синицкий Станислав Александрович

Кандидат технических наук, доцент;

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: Stanislavsin@mail.ru

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент;

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: look-rus@mail.ru

Синицкая Юлия Станиславовна

студентка;

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет

Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: yuliasinitskaya@mail.ru

Абдуллин Рустам Фаизович

магистрант;

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Исследования динамических параметров двигателей внутреннего сгорания не возможны без применения современной измерительной и регистрирующей аппаратуры, работа которой напрямую зависит от применяемого программного комплекса, который в свою очередь накладывает ряд ограничений для проведения данных исследований. Поэтому правильно подобранное программное обеспечение позволяет оптимизировать проведение исследований, а также получать все необходимые данные с учетом требуемых параметров.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания. программное обеспечение, инструментальная среда программирования.

Stanislav A. Sinitsky

PhD of Technics, associate professor;

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: Stanislavsin@mail.ru

Ruslan R. Lukmanov

PhD of Technics, associate Professor;

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: look-rus@mail.ru

Sinitskaya U.S.

student,

"Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", St. Petersburg

e-mail: yuliasinitskaya@mail.ru

Abdullin Rustam Faizovich

master's student

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

FEATURES OF THE SOFTWARE APPLICATION FOR THE STUDY OF DYNAMIC PARAMETERS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract. Studies of the dynamic parameters of internal combustion engines are not possible without the use of modern measuring and recording equipment, the operation of which directly depends on the software package used, which in turn imposes a number of restrictions for conducting these studies. Therefore, properly selected software allows you to optimize the conduct of research, as well as to obtain all the necessary data taking into account the required parameters.

Key words: internal combustion engine. software, instrumental programming environment.

В настоящее время с развитием электроники и программного обеспечения для проведения научных исследований все больше находят применение информационные технологии, включающие в себя автоматизированную измерительную систему и программное обеспечение [1...3].

Часть автоматизированной измерительной системы и программное обеспечение для нее может быть узконаправленной и подходить только для определенного вида измерений и исследований. Данный продукт отвечает только конкретным задачам и позволяет выполнять их в полном объеме и с достаточно высокой точностью и скоростью [4...6].

Другая часть автоматизированной измерительной системы и программного обеспечения для него имеет достаточно широкий спектр применения [7...9].

Преимущества данного продукта заключается в его универсальности и возможности применения для разносторонних задач.

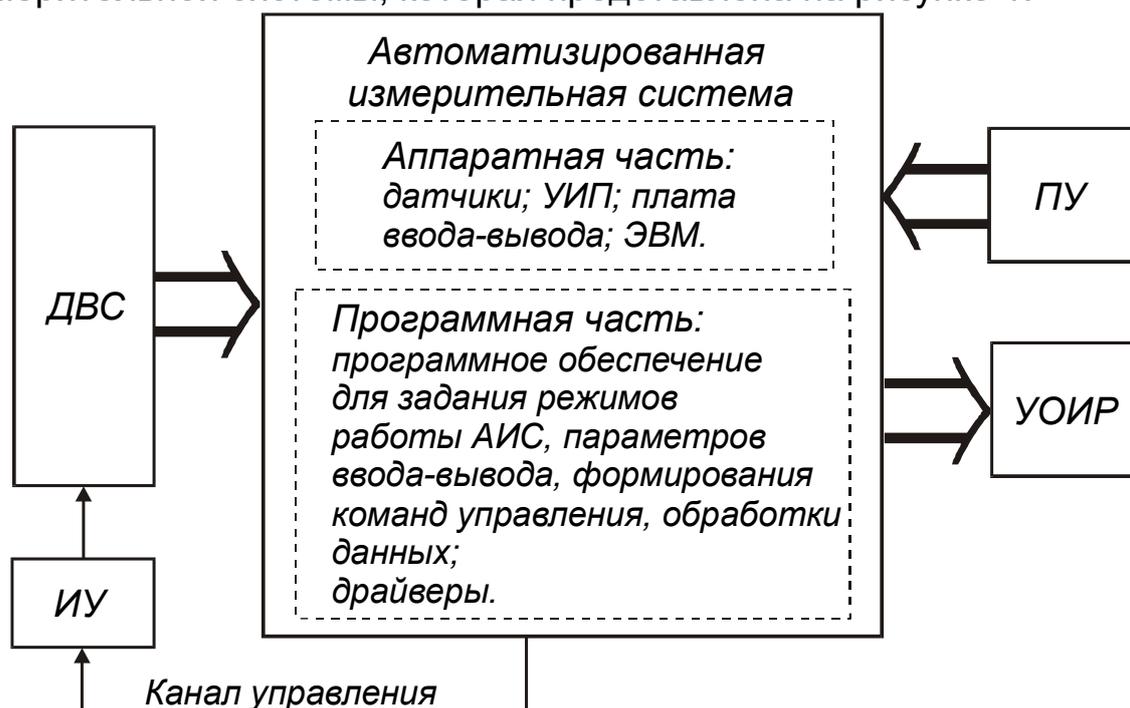
Но в тоже время данные системы накладывают ряд ограничений, которые могут быть связаны как технической частью самой системы, так и с ее программным обеспечением.

К ограничениям связанными с технической частью можно отнести такие параметры, как: частотные и вольтамперные характеристики сигналов; продолжительность проведения измерений; температурный диапазон; число измерительных каналов; автономность измерительной и записывающей аппаратуры [10...12].

В настоящее время для проведения исследований двигателей внутреннего сгорания (ДВС), которые можно разделить по следующим критериям: на стационарные или динамические; стендовые и в реальных условиях [13...15].

Наибольшую сложность представляют динамические исследования в реальных условиях [16...18]. Это обусловлено автономностью измерительной и регистрирующей аппаратурой, а также высокой точностью проведения измерений [19...21].

Для проведения исследований динамических параметров ДВС нами была разработана структурная схема автоматизированной измерительной системы, которая представлена на рисунке 1.



ДВС – двигатель внутреннего сгорания; ИУ – исполнительное устройство; УИП – унифицирующий измерительный преобразователь; ПУ – пульт управления; УОИР – устройство отображения, индикации и регистрации

Рисунок 1 - Структурная схема автоматизированной измерительной системы.

На наш взгляд данная схема наиболее полно подходит для проведения динамических исследований ДВС.

Для обеспечения работы данной схемы предлагается использовать программное обеспечение (ПО) Engine Explorer, которое разработано в инструментальной среде программирования LabVIEW.

Преимуществом данного программного продукта заключается в том, что он предназначен для работы с аналого-цифровыми преобразователями и позволяет писать “программную оболочку” под конкретный вид исследований с учетом технических характеристик измерительной и регистрирующей аппаратуры. При этом запись

результатов может производиться в реальном времени, а результаты могут выводиться в реальном времени или после проведения вычислений, в зависимости от сложности исследований.

ПО Engine Explorer обладает следующими функциями:

1. задание режима ввода данных для платы (программный режим или режим прямого доступа к памяти (ПДП));
2. задание параметров ввода (длина выборки; частота дискретизации);
3. калибровка датчиков: аппроксимация характеристик датчиков; вычисление коэффициентов аппроксимирующих характеристик;
4. опрос каналов АЦП;
5. вычисление показателей ДВС по заданным алгоритмам на основании собранных данных;
6. построение характеристик ДВС на основании вычисленных показателей;
7. вычисление коэффициентов дифференциальных уравнений, описывающих ДВС как динамическую систему;
8. архивация собранных данных и результатов вычислений в виде файла;
9. чтение сохраненных данных;
10. визуализация в графическом и табличном виде собранных данных и результатов вычислений.

На рисунке 2 представлено окно для задания параметров ввода.

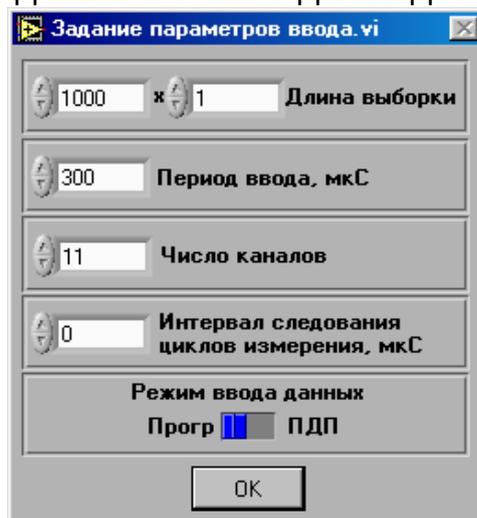


Рисунок 2 - Окно для задания параметров ввода

Данное окно имеет очень простой интерфейс ввода параметров и обладает хорошей наглядностью.

Для калибровки датчиков применяется окно «Калибровка датчиков» После чего произойдет загрузка подпрограммы (рабочее окно представлено на рисунке 3), с помощью которой производится вычисление коэффициентов калибровочных характеристик датчиков давления, момента вращения и датчика положения рейки топливного

насоса. Измерения, необходимые для получения калибровочных характеристик, должны быть проведены заранее.

В данной системе для фильтрации помех применяются программные фильтры нижних частот (ФНЧ). В том случае, если необходимо увидеть нефильтрованный сигнал, следует отметить флажком строку «Отключить ФНЧ».

Внимание: При проведении контрольных измерений, т. е. измерений с записью данных в файл, флажок «Отключить ФНЧ» должен быть убран.

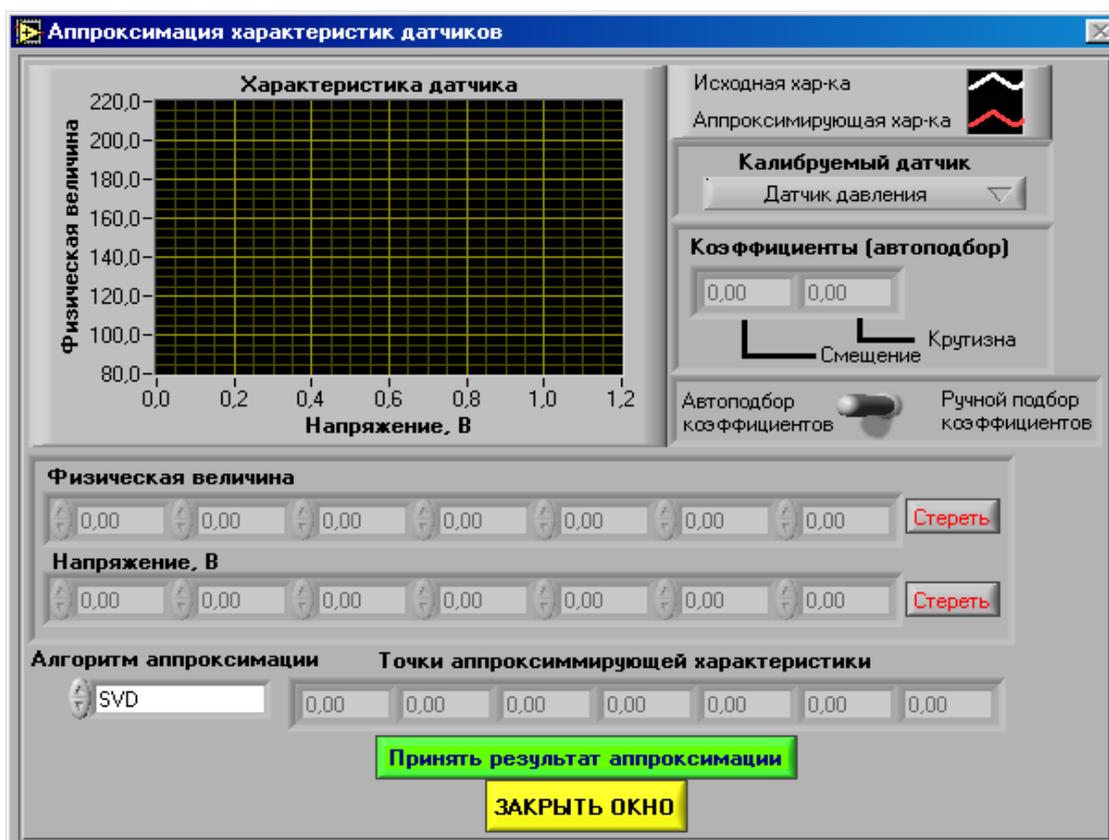


Рисунок 3 – Рабочее окно для калибровки датчиков.

В заключение можно сказать, что данное программное обеспечение (Engine Explorer), которое разработано в инструментальной среде программирования LabVIEW наиболее оптимально подходит для использования в исследованиях динамических параметров ДВС.

Литература:

1. Синуцкий, С. А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.04.02 "Тепловые двигатели": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Синуцкий Станислав Александрович. – Казань, 2005. – 210 с. – EDN NNONVF.

2. Хафизов, К. А. Оптимизация параметров и режимов работы МТА на основе энергетического анализа / К. А. Хафизов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 7. – С. 32-34. – EDN KXMITN.

3. Сеницкий, С. А. Определение коэффициентов усиления и линейных зон при исследовании показателей двигателя МТА / С. А. Сеницкий, В. М. Медведев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 218-222. – EDN YZFLSG.

4. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах: № 2007116543/22: заявл. 02.05.2007: опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Сеницкий [и др.]; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

5. Общее понятие программы движения машинно-тракторного агрегата и динамические ошибки возникающие при этом / С. А. Сеницкий, Р. Р. Лукманов, А. И. Хисамов, Ю. С. Сеницкая // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 293-299. – EDN DRBGTI.

6. Сравнительная оценка динамических характеристик энергетических установок с газодизельным циклом на газомоторном топливе / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. В. Матяшин, Д. А. Вахрамеев // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 11. – С. 181-185. – EDN FCWMYY.

7. Пути повышения эффективности использования двигателей внутреннего сгорания автомобилей и машинно-тракторных агрегатов в условиях эксплуатации / А. К. Юлдашев, В. М. Медведев, С. А. Сеницкий, К. М. Латыпов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2007. – № 1(21). – С. 114-116. – EDN QFHDBU.

8. Гималтдинов, И. Х. Моделирование динамики ротора молотковой дробилки в среде ANSYS Workbench 16.2 / И. Х.

Гималтдинов, Н. Р. Адигамов, К. А. Хафизов // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 4. – С. 34-37. – EDN YQGAVR.

9. Меньшенин, А. С. Исследование адаптивных методов коррекции параметров ДВС при использовании тестовых методов / А. С. Меньшенин, А. В. Гриценко, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 219-226. – EDN MGVXOK.

10. Патент на полезную модель № 57904 U1 Российская Федерация, МПК G01M 13/02. Устройство для вибродиагностирования коробок переменных передач тракторов и автомобилей при обкатке: № 2006110748/22: заявл. 03.04.2006: опубл. 27.10.2006 / Н. Р. Адигамов, Р. В. Гарипов, И. Х. Гималтдинов; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Казанская государственная сельскохозяйственная академия. – EDN WZGQKC.

11. Хафизов, К. А. Методика расчета МТА по критерию "совокупные энергозатраты" / К. А. Хафизов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 3. – С. 46-51. – EDN KWPNBX

12. Development of a model for improving operating performance of vehicles / A. Glushchenko, A. Khokhlov, D. Molochnikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019, Rostov-on-Don, 10–13 сентября 2019 года. – Rostov-on-Don: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012099. – DOI 10.1088/1755-1315/403/1/012099

13. Иншаков, А. П. Повышение эффективности работы двигателя машинно-тракторного агрегата / А. П. Иншаков, Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Межвузовский сборник научных трудов / Министерство образования и науки Российской Федерации, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2010. – С. 132-136. – EDN YNPLMJ.

14. Методы снижения токсичности и экологичность современных автомобилей / Н. Н. Русакова, В. Е. Уланов, А. В. Гриценко, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25

марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 285-291. – EDN BRNVAB.

15. Шакиров Р.Р., Вахрамеев Д.А. Определение оптимальных параметров регулирования по нагрузке в переходных процессах // Вестник Казанского ГАУ. 2010. т. 5. № 4 (18). с. 125-126.

16. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

17. Determination of statistical data of conditional probabilities of the technical condition of internal combustion engines when compiling the Bayes diagnostic table / F. Kh. Khaliullin, J. K. Aladashvili, A. A. Nurmiev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: electronic collection, Bangkok, Thailand, 21–23 января 2019 года. Vol. 635. – Bangkok, Thailand: IOP Publishing, 2019. – P. 012017. – DOI 10.1088/1757-899X/635/1/012017.

18. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдинов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.

19. Хафизов, К. А. Снижение суммарных энергетических затрат на технологических операциях в АПК - путь снижения выбросов парниковых газов в атмосферу / К. А. Хафизов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16, № 3(63). – С. 43-47. – DOI 10.12737/2073-0462-2021-43-47. – EDNXMJESX.

20. Салахов, И. М. Некоторые результаты полевых испытаний рабочего органа машины для безотвальной обработки почвы / И. М. Салахов, А. В. Матяшин, Н. Ф. Вафин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 8, № 2(28). – С. 81-83. – EDNQIYQBT.

21. Использование вейвлет-анализа для безразборной диагностики двигателей / Ф. Х. Халиуллин, А. В. Матяшин, И. А. Галиаскаров [и др.] // Сельский механизатор. – 2021. – № 12. – С. 42-43. – EDNSQLESW.

22. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

© Сеницкий С. А., Лукманов Р. Р., Сеницкая Ю.С. Абдуллин Р.Ф. 2023

Валиев Абдулсамад Ахатович
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
samadvaliev@rambler.ru

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗИРУЕМОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. В данной работе оцениваются связи между факторами – содержанием легкогидролизуемого азота, содержанием подвижного фосфора, содержанием обменного калия, продуктивной влаги в метровом слое почвы в день посева, атмосферными осадками за вегетационный период, суммой эффективных температур за вегетационный период и урожайностью яровой пшеницы за 16 лет. Вычисляются коэффициенты парной корреляции и множественной корреляции. Применяется метод главных компонент для преобразования исходных факторов. По полученным факторам строится математическая модель.

Ключевые слова: яровая пшеница, коэффициенты корреляции, метод главных компонент, парная корреляция, множественная линейная регрессия.

Valiev A. Abdulsamad
Candidate of agricultural sciences, Associate professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
samadvaliev@rambler.ru

METHOD OF CONSTRUCTION OF A PREDICTION MODEL FOR CALCULATION OF THE YIELD OF SPRING WHEAT IN THE LAISHEVSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Annotation. In this work, the relationships between the factors - the content of readily hydrolysable nitrogen, the content of mobile phosphorus, the content of exchangeable potassium, productive moisture in a meter-long layer of soil on the day of sowing, atmospheric precipitation during the growing season, the sum of effective temperatures during the growing season, and the yield of spring wheat for 16 years are evaluated. Pair correlation and multiple correlation coefficients are calculated. The method of principal components is applied to transform the initial factors. Based on the obtained factors, a mathematical model is built.

Key words: spring wheat, correlation coefficients, principal component analysis, pairwise correlation, multiple linear regression.

В процессе роста и развития яровой пшеницы происходит обмен веществом и энергией между компонентами окружающей среды [1...3]. Объем круговорота энергии и веществ зависит от состояния почвенных параметров, что в конечном итоге определяет интенсивность роста и развития яровой пшеницы [4...6]. Поэтому изучение зависимостей между окружающей средой, почвенных параметров и урожайностью яровой пшеницы является актуальной задачей землепользователей [7...9].

Для оценки параметров связи между факторами – содержанием легкогидролизуемого азота, содержанием подвижного фосфора, содержанием обменного калия, продуктивной влаги в метровом слое почвы в день посева, атмосферными осадками за вегетационный период, суммой эффективных температур за вегетационный период и урожайностью яровой пшеницы была использована современная методика.

Используемая методика заключается в использовании метода главных компонент для преобразования исходных данных в искусственные параметры и по этим параметрам разработать регрессионную модель [10...12].

В качестве исходных данных использовалась временная выборка средней урожайности яровой пшеницы, почвенных и климатических показателей по семи факторам за 16 лет таблица 1.

Таблица 1 – Матрица средней урожайности яровой пшеницы, почвенных и климатических показателей

Годы	Y	ПN	ПР	ПК	Рв	Q	T
2003	2,35	146	172	137	160	223	1616
2004	2,57	145	148	122	172	259	1840
2005	2,69	149	135	123	168	279	1826
2006	2,16	124	147	129	165	169	1677
2007	2,24	127	153	125	170	248	1855
2008	2,2	100	162	137	164	221	1794
2009	2,05	142	169	131	159	102	1963
2010	1	109	121	122	140	38	2076
2011	2,49	142	139	92	165	142	1824
2012	1,88	149	128	117	173	155	1970
2013	1,46	140	133	120	198	146	2113
2014	1,45	136	166	109	169	159	2106
2015	2,17	134	171	121	163	162	2093
2016	2,09	106	157	127	178	147	2117
2017	2,19	144	173	121	171	197	2003
2018	2,33	117	149	116	180	109	2172
Сумма	33,32	2110	2423	1949	2695	2756	31045
Среднее	2,0825	131,88	151,44	121,81	168,44	172,25	1940,3
Макс.	2,69	149	173	137	198	279	2172
Мин.	1	100	121	92	140	38	1616

Где: Y – урожайность фактическая, т/га; N – содержание легкогидролизуемого азота, мг/кг почвы; P – содержание подвижного фосфора, мг/кг почвы; K – содержание обменного калия, мг/кг почвы; P_v -продуктивная влага в метровом слое почвы в день посева, мм; Q – атмосферные осадки за вегетационный период, мм; T – сумма эффективных температур за вегетационный период, °С. По данным таблицы 1 были рассчитаны коэффициенты парной корреляции, который представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Коэффициенты парной корреляции урожайности яровой пшеницы и почвенно-климатических факторов

	Y	N	P	K	P_v	Q	T
Y	1	-	-	-	-	-	-
N	0,283	1	-	-	-	-	-
P	0,293	0,026	1	-	-	-	-
K	0,052	-0,28	0,339	1	-	-	-
P_v	0,142	0,179	-0,04	-0,15	1	-	-
Q	0,681	0,336	0,246	0,256	0,229	1	-
T	-0,520	-0,22	-0,09	-0,33	0,301	-0,58	1

Коэффициенты парной корреляции урожайности яровой пшеницы и почвенно-климатических факторов обладают между собой различной линейной связью как по тесноте, так и по направлению [13...15]. Связь между урожайностью и атмосферными осадками за вегетационный период средняя и положительная ($R=0,681$), а между урожайностью и суммой эффективных температур за вегетационный период средняя и отрицательная ($R=-0,520$). Связь между урожайностью и оставшимися факторами слабая, так как у них коэффициенты парной корреляции ниже 30. Отсюда следует, что при высоком температурном режиме урожайность понижается, а в влажные годы благоприятно влияют на продуктивность яровой пшеницы.

Обычно при классическом подходе после анализа коэффициентов парной корреляции разрабатывают множественную линейную регрессионную модель [16...18] с использованием только тех факторов, которые имеют между выходным фактором среднюю или сильную связь. Однако всем землепользователям известно, что урожайность во многом зависит от почвенных показателей и продуктивной влаги, поэтому эти факторы отбрасывать не рекомендуют. Для решения данной проблемы был применен метод главных компонент, который позволит преобразовать исходные факторы в искусственные [19...21]. Преобразованные исходные данные из таблицы 1 приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Преобразованная исходная таблица

Годы	Y	ГК 1	ГК 2	ГК 3	ГК 4	ГК 5	ГК 6
2003	2,35	-180,19	174,10	-250,30	-50,48	122,77	585,11
2004	2,57	-178,95	149,80	-222,90	-54,27	142,59	666,22
2005	2,69	-183,89	136,65	-224,72	-53,01	153,60	661,15
2006	2,16	-153,04	148,79	-235,69	-52,06	93,04	607,20
2007	2,24	-156,74	154,86	-228,38	-53,64	136,53	671,65
2008	2,20	-123,42	163,97	-250,30	-51,74	121,67	649,56
2009	2,05	-175,25	171,06	-239,34	-50,17	56,15	710,75
2010	1,00	-134,52	122,47	-222,90	-44,17	20,92	751,67
2011	2,49	-175,25	140,69	-168,09	-52,06	78,18	660,42
2012	1,88	-183,89	129,56	-213,76	-54,58	85,33	713,29
2013	1,46	-172,78	134,62	-219,24	-62,47	80,38	765,06
2014	1,45	-167,85	168,02	-199,14	-53,32	87,53	762,53
2015	2,17	-165,38	173,08	-221,07	-51,43	89,19	757,82
2016	2,09	-130,82	158,91	-232,03	-56,16	80,93	766,51
2017	2,19	-177,72	175,11	-221,07	-53,95	108,45	725,24
2018	2,33	-144,40	150,82	-211,93	-56,79	60,01	786,43

Преобразованные данные из таблицы 3 были использованы для разработки математической модели в виде уравнения множественной линейной регрессии

$$Y = 3,220554 + 0,001382 * GK1 + 0,006345 * GK2 + 0,006075 * GK3 - 0,014675 * GK4 + 0,006001 * GK5 - 0,002680 * GK6.$$

При разработке данного уравнения были получены также коэффициенты множественной корреляции - $R = 0,755$, детерминации - $R^2 = 0,5699$ и коэффициент Фишера - $F(6,9) = 1,9881$. Полученные коэффициенты регрессии показывают, что разработанная нами модель адекватна и может быть использована для прогнозирования урожайности яровой пшеницы на серо-лесных почвах Республики Татарстан [22...24].

Таким образом нами была проанализирована исходная матрица и по этой матрице получены коэффициенты парной корреляции, которые показали тесноту связи между урожайностью и исследуемыми факторами. Связь между урожайностью и атмосферными осадками за вегетационный период и суммой эффективных температур за вегетационный период средняя, остальные факторы имеют слабую связь с урожайностью [25]. Используя метод главных компонент

исходные данные были преобразованы и по этим данным была разработана математическая модель.

Литература

1. Валиев, А. А. Прогнозирование урожайности яровой пшеницы с применением трехслойного персептрона / А. А. Валиев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 282-285.

2. Влияние приемов агротехники на урожай и качество зерна пшеницы полбы (двузернянка) в условиях Предкамья Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибяттов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13. – № 4(51). – С. 103- 108.

3. Новикова С. В. Нейросетевые подходы к поиску латентных связей в многомерных данных / С. В. Новикова, Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Э. Ш. Кремлева // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2014. – № 6(65). – С. 128-131.

4. Calculation of making doses of fertilizers under planned yield of spring wheat using an artificial neural network / A. A. Valiev, R. I. Ibyatov, S. V. Novikova, N. G. Kiseleva // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00120.

5. Валиев, А. А. Построение искусственных нейронных сетей для задачи прогнозирования / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 238-243.

6. Валиев, А. А. Одномерная калибровка для анализа урожайности яровой пшеницы / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 259-264.

7. Шайхутдинов Ф. Ш. Продуктивность пшеницы полбы сорта руно при различных уровнях минерального питания, нормы высева и

глубины заделки семян в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / Ф. Ш. Шайхутдинов, И. М. Сержанов, Р. И. Ибяттов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 12. – № 4-2(47). – С. 62-66.

8. Валиев, А. А. Выявление нетипичных образцов при анализе многомерных данных на примере урожайности яровой пшеницы в условиях серой лесной почвы в РТ / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 299-306.

9. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDPSciences, 2021. – P. 00136.

10. Киселева, Н. Г. Оценка информативности модели с главными компонентами / Н. Г. Киселева, А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С.

11. Проекционный метод исследования урожайности яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г. Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 98-101.

12. Валиев, А. А. Применение искусственных нейронных сетей при расчете внесения доз удобрений под планируемую урожайность яровой пшеницы / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 232-238.

13. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H.

Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

14. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

15. Agrobiological basis of wheat yield formation *Dicoccum Schrank* (spelt) in the ancestral domain of the Republic of Tatarstan / F. Shaikhutdinov, I. Serzhanov, A. Serzhanova [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00072.

16. Известкование кислых почв в Республике Татарстан / А. А. Лукманов, К. В. Владимиров, А. А. Валиев [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, № 9. – С. 15-18. – DOI 10.53859/02352451_2021_35_9_15.

17. Валиев, А. А. Прогнозирование урожайности яровой пшеницы с применением регрессионного анализа / А. А. Валиев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 64-70.

18. Валиев, А. А. Применение одномерной калибровки для построения прогнозирующей модели на примере урожайности яровой пшеницы / А. А. Валиев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 55-63.

19. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.

20. The Productivity of Spring Wheat Depending on the Depth of Seeding in the Predkamyie of the Republic of Tatarstan / F. Sh. Shaikhutdinov, I. M. Serzhanov, R. I. Garaev, [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology,

Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00164.

21. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

22. Рахматуллина, Р. Г. Исследования релаксационных процессов синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2021. – Т. 77. – № 1. – С. 38-42.

23. Саяпова, Р. Г. Частотные и температурные зависимости дипольно-сегментальной и дипольно-групповой поляризации в полимерах и жидких кристаллах: специальность 01.04.14 "Теплофизика и теоретическая теплотехника": диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Саяпова Резида Гайфулловна. – Уфа, 2012. – 126 с.

24. Рахматуллина, Р. Г. Явление электропроводности в полимерных пленках / Р. Г. Рахматуллина, А. Р. Маскова // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 213-219.

25. Рахматуллина, Р. Г. Изучение процессов релаксации синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Проблемы строительного комплекса России: Материалы XXV Всероссийской научно-технической конференции, Уфа, 31 марта 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 397-401.

© *Валиев А.А.* 2023.

Пикмуллин Геннадий Васильевич
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
pikmullin@mail.ru

РАБОЧИЙ ОРГАН КУЛЬТИВАТОРА-ПЛОСКОРЕЗА

Аннотация. В статье описана задача повышения качества обработки почвы и снижения энергоемкости дезинтеграции почвы за счет рабочего органа нового почвообрабатывающего плужного агрегата. При этом сделан вывод о том, что такая конструкция рабочего механизма культиватора-плуга повышает качество обработки почвы при минимальных затратах энергии.

Ключевые слова: рабочий орган, культиватор, качество обработки почвы.

Pikmullin Gennady Vasilievich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
pikmullin@mail.ru

THE WORKING BODY OF THE CULTIVATOR-PLANE CUTTER

Abstract. The article describes the task of improving the quality of tillage and reducing the energy intensity of soil disintegration due to the working body of a new tillage plow unit. At the same time, it is concluded that such a design of the working mechanism of the cultivator-plow increases the quality of tillage with minimal energy consumption.

Key words: working body, cultivator, quality of tillage.

Важнейшей задачей процесса обработки почвы является создание почвенных условий для развития корней растений, поддержание плодородия почвы путем эффективной защиты почвы от эрозии и чрезмерного уплотнения, и, в конечном итоге, повышение урожайности сельскохозяйственных культур. В этом контексте качественная обработка почвы при минимальных затратах энергии может быть достигнута комбинацией культиваторов, геометрия и конструктивные параметры которых определяются физико-механическими характеристиками почвы и растений [1, 2, 4, 6, 8].

Однако существующие рабочие органы культиваторов и лемехов [3,5,7,9,10,11,12] не в полной мере отвечают требованиям современной агротехнологии [13-20]. Они снижают качество обработки почвы из-за повышенного сопротивления движению, высокой энергоемкости процесса отрыва и засорения рабочих органов из-за невозможности удовлетворить требования скольжения почвы и скользящих по ней

сорняков. Известные рабочие органы также отбрасывают почву в сторону, что приводит к значительной потере продуктивной влаги за счет испарения, усугубляет опасные эрозионные частицы, отсеиваемые на дно борозды, и уплотняет дно борозды. Кроме того, существующие лапы не выполняют в полной мере свои функции и не предотвращают массовое обрушение почвы, так как их геометрические и композиционные параметры определены без учета деформационных и физико-механических свойств почвы.

В связи с этим ставится задача повышения качества обработки почвы и снижения энергоемкости дезинтеграции почвы за счет рабочего органа нового почвообрабатывающего плужного агрегата.

Поставленная цель достигается тем, что рабочий орган плужного лемеха с зубьями, закрепленными на стойке, имеет изогнутые вверх под углом к направлению движения крылья. Край лопасти каждого крыла имеет контур с гладким сопряженным сегментом логарифмической спирали с насечками. Передний край каждого зуба (лопасти) имеет форму логарифмической спирали, а задний край каждого зуба представляет собой прямую линию, перпендикулярную продольной оси лопасти. Кроме того, трейлинг-край крыльев зубьев снабжен полосой равной длины, которая параллельна плоскости кромки лопасти и продольной оси зубьев.

Состав предлагаемого рабочего органа и вариант технического решения показаны на рисунке 1.

Рабочий орган лемеха-плуга (рис. 1) состоит из рамы 1, лап 2, установленных на раме, и крыльев 3 с загнутыми вверх ограничителями 4. Профиль 6 режущей кромки 5 каждого крыла 3 выполнен в виде плавно сопряженного сегмента логарифмической спирали. Профиль 6 является зубчатым, с логарифмической спиралью и прямой задней кромкой для каждой лопасти зубцов. Кроме того, задняя кромка крыла 3 зубьев 2 имеет равную по длине полосу 7, расположенную параллельно плоскости ее режущей кромки 5 и продольной оси зубьев 2.

Рабочий механизм культиватора работает следующим образом.

При движении рабочего органа культиватора - лемеха по вспаханной земле перед зубьями 2 деформированный слой почвы срезается в поперечном направлении изогнутым верхним упором 4. Затем срезанный слой почвы поступает в стержневую перегородку 7, расположенную под рабочей поверхностью лап 2, благодаря чему слой почвы разрушается, а частицы почвы, подверженные риску эрозии, отсеиваются на дно борозды. Кроме того, отбойник имеет такую форму, что слой почвы принимается, переворачивается и направляется за лапами 1 и перекрывает путь лап, а поперечина за лапами 2 обеспечивает ровную поверхность слоя почвы за счет поперечины за лапами 2.

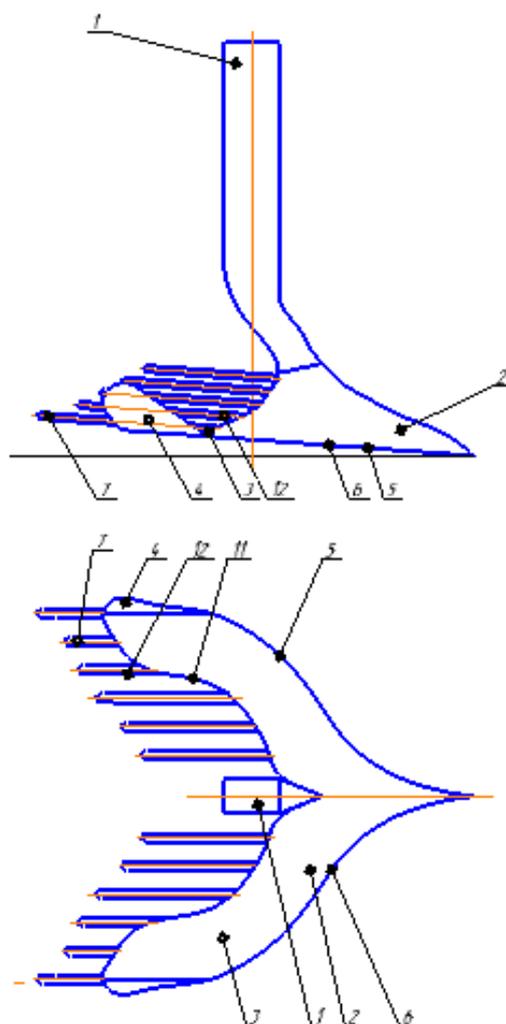


Рисунок 1 - Рабочий орган лемеха-культиватора

Такая конструкция рабочего механизма культиватора-плуга повышает качество обработки почвы при минимальных затратах энергии.

Литература

1. Булгариев, Г.Г. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы (конструкция, теория, расчет, эксплуатация) / Г.Г. Булгариев, А.Р. Валиев, Г.В. Пикмуллин. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 288 с. – ISBN 978-5-6044926-8-0.
2. Булгариев, Г.Г. Уравнения движения лезвия зуба спирально-пластинчатого рабочего органа в пространстве / Г.Г. Булгариев, Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Р.Р. Ширязданов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 1(39). – С. 66-69.
3. Булгариев, Г.Г. Обоснование формы и определение конструктивных параметров ротационного рыхлителя почвы / Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, И.Г. Галиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 73-76.

4. Droplet size of viroicide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B.L. Ivanov, B.G. Ziganshin, A.V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571.
5. Мудров, А.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами / А.Г. Мудров, А.П. Мудров, Г.В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 65-69.
6. Мудров, А.Г. Устройства для первичной обработки изделий / А. Г. Мудров, А. П. Мудров, Г. В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 70-74.
7. Пикмуллин, Г.В. Упругие элементы в сельскохозяйственной технике /Г.В. Пикмуллин // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-136.
8. Пикмуллин, Г.В. Разработка и обоснование параметров рабочих органов культиватора для предпосевной обработки почвы: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пикмуллин Геннадий Васильевич. – Чебоксары, 2011. – 20 с.
9. Пикмуллин, Г.В. Методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы /Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6, № 1(19). – С. 107-109.
10. Патент № 2395184 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/20, А01В 35/26, А01В 39/20. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы: № 2008153024/12: заявл. 31.12.2008: опубл. 27.07.2010 /Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".
11. Патент № 2395183 С1 Российская Федерация, МПК А01В 21/00. почвообрабатывающее орудие: № 2009110058/12: заявл. 19.03.2009: опубл. 27.07.2010 / Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

12. Патент № 2494589 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/18, А01В 49/02. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2012107299/13: заявл. 28.02.2012: опубл. 10.10.2013 / Р.Г. Юнусов, Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, В.П. Данилов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

13. Identification of the optimal parameters of the torsional vibration damper of the internal combustion engine crankshaft for normal power settings / F. Khaliullin, G. Pikmullin, J. Aladashvili [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 года. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012042.

14. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф.Х. Халиуллин, Б.И. Ситдилов, Г.В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.

15. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

16. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00136.

17. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

18. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

19. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.
20. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.
21. Формирование информации об экологическом воздействии организации для отражения в социальной отчётности с применением IT-технологий / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, А. Р. Юсупова, Э. Р. Камилова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 122-128. – DOI 10.12737/article_5bcf579f8e6691.49081415. – EDN YNZPUD
22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.
23. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

© Пикмуллин Г.В. 2023.

Пикмуллин Геннадий Васильевич
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
pikmullin@mail.ru

КУЛЬТИВАТОР С РОТАЦИОННЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Аннотация. В статье описана орудие одновременно и непрерывно рыхлящее почву на определенную глубину при обработке, наиболее тщательно подрезает сорняки, уплотняет нижнюю поверхность за счет перемещения части поверхности шнека, мульчирует верхние слои поля и работает за счет большей скорости движения, уменьшая распыление и отторжение почвы.

При этом сделан вывод о том, что использование заявляемого почвообрабатывающего орудия позволяет повысить качество обработки почвы и снизить энергозатраты в процессе разрыхления без передачи большой динамической нагрузки на базовую технику.

Ключевые слова: режущая кромка, рабочий орган, культиватор, почвообрабатывающее орудие.

Pikmullin Gennady Vasilievich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
pikmullin@mail.ru

CULTIVATOR WITH ROTARY WORKING BODIES

Abstract. The article describes a tool that simultaneously and continuously loosens the soil to a certain depth during processing, most carefully cuts weeds, compacts the lower surface by moving part of the auger surface, mulches the upper layers of the field and works due to a higher speed of movement, reducing spraying and soil rejection. At the same time, it is concluded that the use of the claimed tillage tool makes it possible to improve the quality of tillage and reduce energy consumption during loosening without transferring a large dynamic load to the basic equipment.

Key words: cutting edge, working body, cultivator, tillage tool.

Исследования и анализ конструкций вращающегося оборудования показывают, что шнеки имеют превосходство, а шнеки являются наиболее перспективным оборудованием. Президент Горячкин отметил превосходство шнека, сказав, что он является единственно возможным и наиболее сложным, но общим для всех операций.

Этот инструмент одновременно и непрерывно рыхлит почву на определенную глубину при вспашке, перемещается вертикально и

горизонтально, оптимально подрезает сорняки, перемещает часть поверхности шнека для уплотнения нижней поверхности, мульчирует верхние слои поля и работает с повышенной скоростью движения, тем самым уменьшая распыление почвы и ее отходы. Его вклад был доказан многими исследователями.

Однако используемые в настоящее время вышеперечисленные рабочие органы имеют ряд недостатков, таких как низкое качество обработки почвы и большие затраты энергии на рыхление (разрушение почвы). Гладкая форма рабочей поверхности винтовой пластинчатой пружины не в полной мере отвечает требованиям сельскохозяйственной обработки почвы, т.е. проседание верхних почвенных комков и наличие жестких лопастей (крыльев) не способствуют устойчивому движению гирационной дробилки и ее прочному закреплению на почве (дне траншеи).

Поэтому, учитывая вышеперечисленные предпосылки и недостатки существующих машин, нами был разработан новый тип культиватора (рис. 1) с набором роторных ножей на шасси. Каждая роторная втулка имеет форму рабочего органа со спиральными ламелями, перпендикулярными направлению движения вала с зубьями на обоих концах, удерживаемых упругими элементами, радиально установленными на фланце и соединенными цепной передачей и снабженными закладными упорами. Кроме того, рабочая поверхность части вблизи вершины вала дробилки имеет повторяющийся волнистый профиль кромки лезвия в пласте, лежащем в плоскости, перпендикулярной продольной оси вала. Форма рабочей поверхности ножа состоит из прямых линий, идущих по волнистой кривой. Один конец следует за контуром вершины лезвия, а другой - за образованием вблизи вершины.

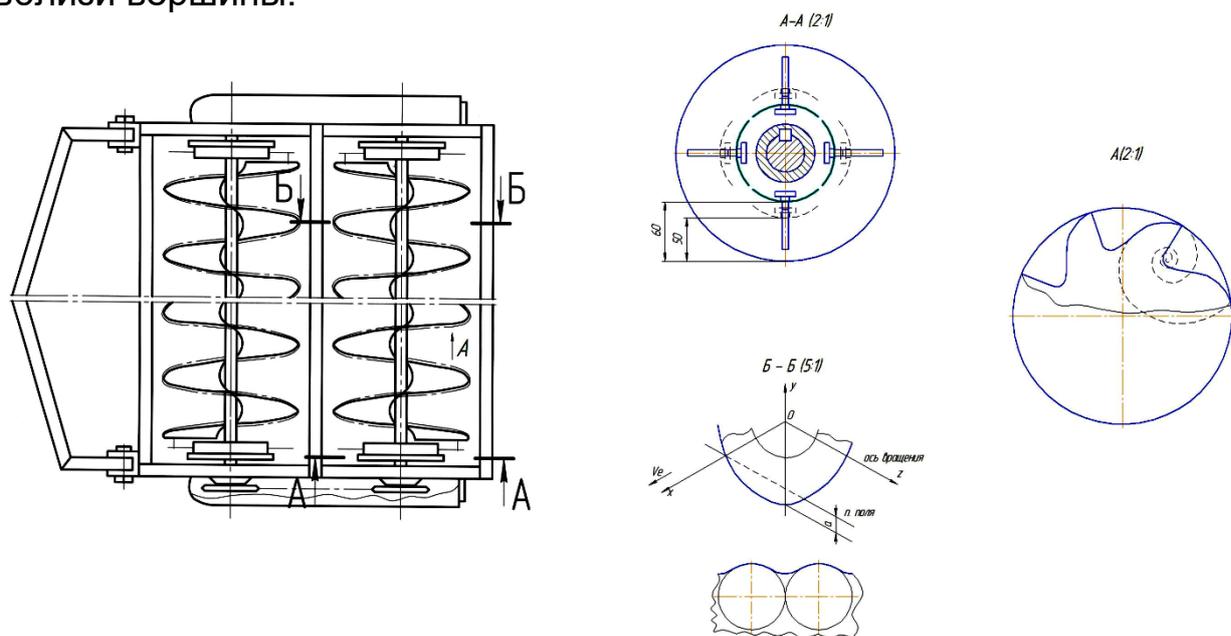


Рисунок 1 - Культиватор с ротационными рабочими органами

Учитывая физико-механические свойства почвы и сорняков, конец лопасти рабочего органа спиральной пластины имеет форму зуба, а передний край (кромка) каждого зуба имеет форму сегмента логарифмической спирали (кротовой щеки), расположенной радиально на линии контура; задний край каждого зуба является прямым и ортогональным к линии касательных, соответствующей точке на линии контура. Задний край каждого зуба расположен ортогонально так, что он является прямым и ортогональным к линии касательных, соответствующей точке на линии контура. Касательные ортогональны друг к другу. Регулируемое по высоте кольцо, состоящее из четырех равных частей, которые могут быть переставлены от центра к краю фланца. Фланец оснащен направляющими пазами и фиксаторами для позиционирования.

Траншеекопатель работает по следующему принципу. Сцепление переднего зуба (радиальная логарифмическая спираль на переднем конце и прямая на заднем) перемещает его по полю. Зубья разбивают крупные комья почвы, взбивают верхний слой почвы и равномерно распределяют его по ширине захвата, минимизируя затраты энергии на культивацию. Глубина обработки устанавливается на 4-6 см, в зависимости от высоты границы регулировочного кольца. Часть разрыхленной почвы поднимается над рабочей поверхностью и попадает в гофрированную секцию с большим углом наклона. Этот рабочий механизм со спиральными канавками поочередно перемещается в направлении рабочей поверхности для концентрированного разрушения почвы без увеличения тягового сопротивления инструмента.

Использование заявляемого культиваторного орудия позволяет повысить качество обработки почвы без передачи большой динамической нагрузки на основное оборудование и снизить энергозатраты в процессе рыхления.

Литература;

1. Булгариев, Г.Г. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы (конструкция, теория, расчет, эксплуатация) / Г.Г. Булгариев, А.Р. Валиев, Г.В. Пикмуллин. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 288 с. – ISBN 978-5-6044926-8-0.
2. Булгариев, Г.Г. Уравнения движения лезвия зуба спирально-пластинчатого рабочего органа в пространстве / Г.Г. Булгариев, Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Р.Р. Ширязданов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 1(39). – С. 66-69.
3. Булгариев, Г.Г. Обоснование формы и определение конструктивных параметров ротационного рыхлителя почвы / Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, И.Г. Галиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 73-76.

4. Droplet size of virocidе disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B.L. Ivanov, B.G. Ziganshin, A.V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571.
5. Мудров, А.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами / А.Г. Мудров, А.П. Мудров, Г.В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 65-69.
6. Мудров, А.Г. Устройства для первичной обработки изделий / А. Г. Мудров, А. П. Мудров, Г. В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 70-74.
7. Пикмуллин, Г.В. Упругие элементы в сельскохозяйственной технике /Г.В. Пикмуллин // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-136.
8. Пикмуллин, Г.В. Разработка и обоснование параметров рабочих органов культиватора для предпосевной обработки почвы: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пикмуллин Геннадий Васильевич. – Чебоксары, 2011. – 20 с.
9. Пикмуллин, Г.В. Методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы /Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6, № 1(19). – С. 107-109.
10. Патент № 2395184 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/20, А01В 35/26, А01В 39/20. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы: № 2008153024/12: заявл. 31.12.2008: опубл. 27.07.2010 /Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".
11. Патент № 2395183 С1 Российская Федерация, МПК А01В 21/00. почвообрабатывающее орудие: № 2009110058/12: заявл. 19.03.2009: опубл. 27.07.2010 / Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное

учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

12. Патент № 2494589 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/18, А01В 49/02. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2012107299/13: заявл. 28.02.2012: опубл. 10.10.2013 / Р.Г. Юнусов, Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, В.П. Данилов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет.

13. Identification of the optimal parameters of the torsional vibration damper of the internal combustion engine crankshaft for normal power settings / F. Khaliullin, G. Pikmullin, J. Aladashvili [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 года. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012042.

14. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф.Х. Халиуллин, Б.И. Ситдилов, Г.В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.

15. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

16. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00136.

17. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

18. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

19. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / С. А. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.
20. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.
21. Формирование информации об экологическом воздействии организации для отражения в социальной отчётности с применением IT-технологий / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, А. Р. Юсупова, Э. Р. Камилова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 122-128. – DOI 10.12737/article_5bcf579f8e6691.49081415. – EDN YNZPUD.
22. Клычова, Г. С. Внутрифирменная стандартизация аудита основных средств / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 4(42). – С. 127-133. – DOI 10.12737/article_592fc85bd7bb98.51908121. – EDN YPLNGZ.
23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.
24. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

© Пикмуллин Г. В. 2023.

Пикмуллин Геннадий Васильевич
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
pikmullin@mail.ru

КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация. В статье рассмотрено комбинированное орудие для междурядной обработки, которое обладает такими преимуществами, как низкое тяговое сопротивление, компактный рабочий орган, низкое энергопотребление и простое высокоскоростное управление.

Это комбинированное орудие оказывает принципиально новое воздействие на поверхность почвы. Обрабатываемая поверхность характеризуется высоким качеством обработки и обеспечивает оптимальные условия для развития питомника и роста растений.

Ключевые слова: рабочий орган, комбинированное орудие, почва, окучник.

Gennady V. Pikmullin
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan
pikmullin@mail.ru

COMBINED TOOL FOR ROW-TO-ROW PROCESSING

Abstract. The article considers a combined tool for row-to-row processing, which has such advantages as low traction resistance, compact working body, low power consumption and simple high-speed control. This combined tool has a fundamentally new effect on the soil surface. The treated surface is characterized by high quality processing and provides optimal conditions for the development of the nursery and plant growth.

Key words: working body, combined tool, soil, spud.

Как известно, технология возделывания (выращивания) всех сельскохозяйственных культур в условиях ветровой эрозии, водной эрозии и засухи, особенно на склонах (рельеф стокоформирующих поверхностей поля), основана на применении no-till (плоскорезной обработки) обработки почвы, которая требует защиты почвы путем оставления стерни и пожнивных остатков на поверхности поля, что защищает почву от продувания и стока, задерживает снег и воду в почве. Это способствует большему накоплению и повышению урожайности. Поэтому на полях страны все чаще применяется междурядная обработка почвы.

Однако применяемые в настоящее время комбинированные почвообрабатывающие агрегаты не могут в полной мере отвечать современным требованиям сельскохозяйственного производства. В данном случае широкое внедрение этих агрегатов сдерживается отсутствием экономически эффективных и надежных рабочих орудий, наиболее полно отвечающих агротехническим требованиям к междурядной обработке почвы и промышленной технологичности этого процесса.

Существующие почвообрабатывающие орудия имеют высокую энергоемкость операций разрыхления и низкое качество обработки почвы из-за неправильной конструкции и выбора геометрии наконечников отвалов, рабочих поверхностей и дополнительных элементов лап.

Для обработки верхнего слоя почвы между рядами используются следующие элементы и орудия в различных комбинациях

- Зубчатые пропалочные бороны;
- стрелчатые лапы и рыхлительные лапы;
- Бороны или отвалы;
- Защитные устройства.

Для междурядий пропашных культур широко используются орудия тина. По назначению их можно разделить на следующие группы:

1. режущие лапы - стрелчатые, односторонние лапы.
2. плужные лапы - тонкие и широкие для распутывания.

Определенный интерес представляет конструкция рабочих органов плужного агрегата, разработанная в Куйбышевском сельскохозяйственном институте. Она включает стреловидные зубья с улучшенными стойками, препятствующими выносу на поверхность слоя влажной почвы. Рабочая машина имеет составную поверхность, отвечающую требованиям, предъявляемым к поверхности для высокоскоростного режима работы. Активная поверхность может дополнительно разрушать слой почвы, находясь в рабочей части.

В последние годы большое внимание уделяется ротационным почвообрабатывающим орудиям, используемым для вспашки пропашных культур, которые имеют ряд очень важных преимуществ по сравнению с существующими конструкциями.

Комбинированные машины перспективны тем, что они лучше отвечают требованиям междурядных посевов.

Данное орудие (комбинированное орудие для междурядной обработки) обладает такими преимуществами, как низкое тяговое сопротивление, компактный рабочий орган, низкое энергопотребление и простое высокоскоростное управление. Кроме того, по сравнению с обычными машинами, орудие обеспечивает качественную обработку почвы между гребнями, что благоприятствует росту растений и значительно снижает энергозатраты, связанные с междурядной культивацией.

Это комбинированное орудие оказывает принципиально новое воздействие на поверхность почвы. Обрабатываемая поверхность характеризуется высоким качеством обработки и обеспечивает оптимальные условия для развития питомника и роста растений.

Комбинированный культиватор состоит из главной балки, секции рабочего органа и комбинированного рабочего органа (окучник, после переоборудования для непрерывной обработки почвы). Главная балка представляет собой квадратную трубу (80 x 80). К балке приварены ось и стойка, с помощью которых культиватор крепится к трактору. Балка усилена двумя поперечинами.

Во время работы перекладкины опираются на два опорных колеса, установленных на передних кронштейнах двух секций.

Каждая секция орудия состоит из четырех тяг, гребня с зажимами, держателя опорного колеса с упорами и орудия.

Верхнее колесо имеет накидную гайку, которая позволяет изменять длину навески, что необходимо при регулировке угла, под которым орудие входит в почву.

Для фиксации орудия используются специально изготовленные зажимы и держатели. Зажимы можно перемещать в продольном направлении, а держатели - по гребням, что позволяет размещать необходимые инструменты.

Конструкция держателя позволяет крепить на каждой секции одно, два или три орудия с сохранением требуемой защитной зоны, перекрытия зубьев и необходимой глубины обработки.

Система довсходовой обработки состоит из высевающего аппарата, трансмиссии и довсходового ножевого полотна. Загрузчик удобрений приводится в движение колесом со спойлером на ручной передаче.

Комбинированный рабочий орган культиватора (Рисунок 1) состоит из стойки 1, закрепленной на ней культиваторной лапы 2 и лезвия 3 из зубьев. Он также имеет двухсторонний припас 4 (или односторонний припас с выделенной площадкой 8 и малогабаритной плитой). Стойки ног 1 2 имеют кронштейн 5 для крепления переднего конца гребня 6 и паз 7 для регулировки его высоты. К нему же через кронштейн крепится лапа (поводок).

Инструмент работает следующим образом.

При движении по обрабатываемой почве слой срезается передней частью 2 лапы, а поток почвы направляется за счет двусторонней формы рабочей поверхности. Одновременно с деформацией слоя передней частью лапы происходит боковая деформация почвы. Передняя кромка лапы 1 выполнена в виде логарифмической спирали. Широкий выступ лапы 2 обеспечивает постоянное взаимодействие кончика лапы 2 со слоем почвы у кромки ножа, что приводит к частичному перемещению лапы 1 в объеме

деформированной почвы. Это снижает затраты энергии на процесс разрывания.

Затем слой почвы входит в рабочую поверхность лапы, частично разрыхленная почва поднимается к рабочей поверхности режущего ножа, а дополнительная рыхлая почва окончательно сгребается к ряду растений и закрывает сорняки в защищаемой зоне.

Использование заявляемого культиваторного орудия позволяет повысить качество обработки почвы без передачи большой динамической нагрузки на основное оборудование и снизить энергозатраты в процессе рыхления.

Литература

1. Булгариев, Г.Г. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы (конструкция, теория, расчет, эксплуатация) / Г.Г. Булгариев, А.Р. Валиев, Г.В. Пикмуллин. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – 288 с. – ISBN 978-5-6044926-8-0.
2. Булгариев, Г.Г. Уравнения движения лезвия зуба спирально-пластинчатого рабочего органа в пространстве / Г.Г. Булгариев, Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Р.Р. Ширязданов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 1(39). – С. 66-69.
3. Булгариев, Г.Г. Обоснование формы и определение конструктивных параметров ротационного рыхлителя почвы / Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, И.Г. Галиев [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 13, № 3(50). – С. 73-76.
4. Droplet size of viroicide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B.L. Ivanov, B.G. Ziganshin, A.V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571.
5. Мудров, А.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами / А.Г. Мудров, А.П. Мудров, Г.В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 65-69.
6. Мудров, А.Г. Устройства для первичной обработки изделий / А. Г. Мудров, А. П. Мудров, Г. В. Пикмуллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 70-74.
7. Пикмуллин, Г.В. Упругие элементы в сельскохозяйственной технике / Г.В. Пикмуллин // Актуальные вопросы использования земельных ресурсов, геодезии и природопользования: Сборник трудов всероссийской (национальной) научно-практической конференции

кафедры землеустройства и кадастров Казанского ГАУ, Казань, 21 апреля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-136.

8. Пикмуллин, Г.В. Разработка и обоснование параметров рабочих органов культиватора для предпосевной обработки почвы: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Пикмуллин Геннадий Васильевич. – Чебоксары, 2011. – 20 с.

9. Пикмуллин, Г.В. Методика проектирования формы рабочего органа культиватора для предпосевной обработки почвы / Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6, № 1(19). – С. 107-109.

10. Патент № 2395184 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/20, А01В 35/26, А01В 39/20. Рабочий орган для безотвальной обработки почвы: № 2008153024/12: заявл. 31.12.2008: опубл. 27.07.2010 / Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

11. Патент № 2395183 С1 Российская Федерация, МПК А01В 21/00. почвообрабатывающее орудие: № 2009110058/12: заявл. 19.03.2009: опубл. 27.07.2010 / Р.Г. Юнусов, Г.В. Пикмуллин, Г.Г. Булгариев; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

12. Патент № 2494589 С1 Российская Федерация, МПК А01В 35/18, А01В 49/02. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2012107299/13: заявл. 28.02.2012: опубл. 10.10.2013 / Р.Г. Юнусов, Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, В.П. Данилов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет".

13. Identification of the optimal parameters of the torsional vibration damper of the internal combustion engine crankshaft for normal power settings / F. Khaliullin, G. Pikmullin, J. Aladashvili [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Yekaterinburg, 15–16 октября 2020 года. – IOP Publishing Ltd: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012042.

14. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф.Х. Халиуллин, Б.И. Ситдииков, Г.В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.

15. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса:

Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

16. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00136.

17. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikmullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.

18. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / C. A. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

19. Efficiency of tractor track scarifiers used for sowing grain crops / C. A. Hafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, M. N. Yarovoy // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012005. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012005.

20. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.

21. Клычова, Г. С. Внутрифирменная стандартизация аудита основных средств / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 4(42). – С. 127-133. – DOI 10.12737/article_592fc85bd7bb98.51908121. – EDN YPLNGZ.

© Пикмуллин Г. В. 2023.

Синицкий Станислав Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: Stanislavsin@mail.ru

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

e-mail: look-rus@mail.ru

Синицкая Екатерина Станиславовна

студентка;

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Россия

e-mail: katacin@mail.ru

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. В настоящее время, когда электронно-вычислительные и измерительные комплексы находят все большее применение при проведении научных исследований как теоретических так экспериментальных, особенно в области динамических исследований возникает необходимость в эффективном ее использовании для чего необходимо разработать соответствующее программное обеспечение.

Ключевые слова: программное обеспечение, динамические характеристики, двигатель внутреннего сгорания.

Stanislav A. Sinitsky

PhD of Technics, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: Stanislavsin@mail.ru

Ruslan R. Lukmanov

PhD of Technics, associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: look-rus@mail.ru

Ekaterina S. Sinitskaya

Student, "Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University", St.

Petersburg, Russia

e-mail: katacin@mail.ru

DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL SCHEME OF SOFTWARE FOR THE STUDY OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstract. At present, when electronic computing and measuring complexes are increasingly used in scientific research, both theoretical and experimental, especially in the field of dynamic research, there is a need for its effective use, for which it is necessary to develop appropriate software.

Key words: software, dynamic characteristics, internal combustion engine.

Перед началом разработки функциональной схемы программного обеспечения для исследования динамических характеристик двигателей внутреннего сгорания (ДВС) необходимо понять смысл происходящих процессов в ДВС и составить математические уравнения, которыми можно будет описать изменения показателей ДВС с учетом динамических характеристик

Одними из первых ученых, которые занимались исследованиями в данной области были: Болтинский В.Н., Юлдашев А. К., Крутов В. И., Патрахальцев Н. Н., Останенк Г. И., Багиров Д. Д., Иофинов С. А., Гришин Г. Д., Иткин Б. А., Морозов Б. И., Леонов И. В., Ждановский Н. С., Агеев Л.Е. и ряд других ученых, [1, 2, 3].

Ими было отмечено, что работа двигателя в динамических режимах приводит к рассогласованию работы его систем, что в свою очередь ухудшает его показатели, [1, 4, 5].

Для более точного описания динамических характеристик ДВС этими учеными были предложены математические модели, которые позволяют описать эти изменения. Для этого предлагается использовать дифференциальные уравнения, а динамические свойства двигателя будут оцениваться по коэффициентам этих уравнений, [6, 7, 8]. В тоже время определение этих коэффициентов дифференциальных уравнений по стационарным характеристикам требует внесение ряд ограничений, что в свою очередь влечет за собой увеличение погрешности в расчетах.

Для описания изменения параметра ДВС в динамическом режиме, когда происходит незначительное изменение параметра по амплитуде и продолжительное по времени предлагается использовать дифференциальные уравнения первого порядка, которые можно записать в следующей форме:

$$T_{1A} \frac{dA}{dt} + A_0 = K_{A1} \Delta M_c, \quad (1)$$

где T_{1A} – постоянная времени исследуемого показателя, с;

A_0 – начальное значение исследуемого показателя;

K_{A1} – коэффициент усиления исследуемого показателя;

ΔM_c – внешнее возмущение, Нм.

Данный вид уравнений наиболее подходит для динамических характеристик ДВС при его работе по корректорной ветви, [1, 9, 10].

Математическая модель динамических характеристик ДВС при его работе на регуляторной описывается дифференциальными

уравнениями второго или третьего порядка, общий вид которых представлен ниже.

$$T_{2A}^2 \frac{dA^2}{dt^2} + T_{1A} \frac{dA}{dt} + A_0 = K_{A2} \Delta M_c, \quad (2)$$

$$T_{3A}^3 \frac{dA^3}{dt^3} + T_{2A}^2 \frac{dA^2}{dt^2} + T_{1A} \frac{dA}{dt} + A_0 = K_{A3} \Delta M_c, \quad (3)$$

Также в некоторых случаях для описания динамических характеристик ДВС применяются дифференциальными уравнениями высших порядков, [1, 11, 12]. Это позволяет наиболее точно описать изменение исследуемого параметра, но в тоже время затрудняет, а в некоторых случаях делает практически невозможным применение этих уравнений без специального применения программного обеспечения. Особенно это актуально для получения связи между теоретическими и экспериментальными значениями, [1, 13, 14].

Для решения данных уравнений предлагается использовать численный способ, структурная схема которого представлена на рисунке 1, [1, 16, 17].

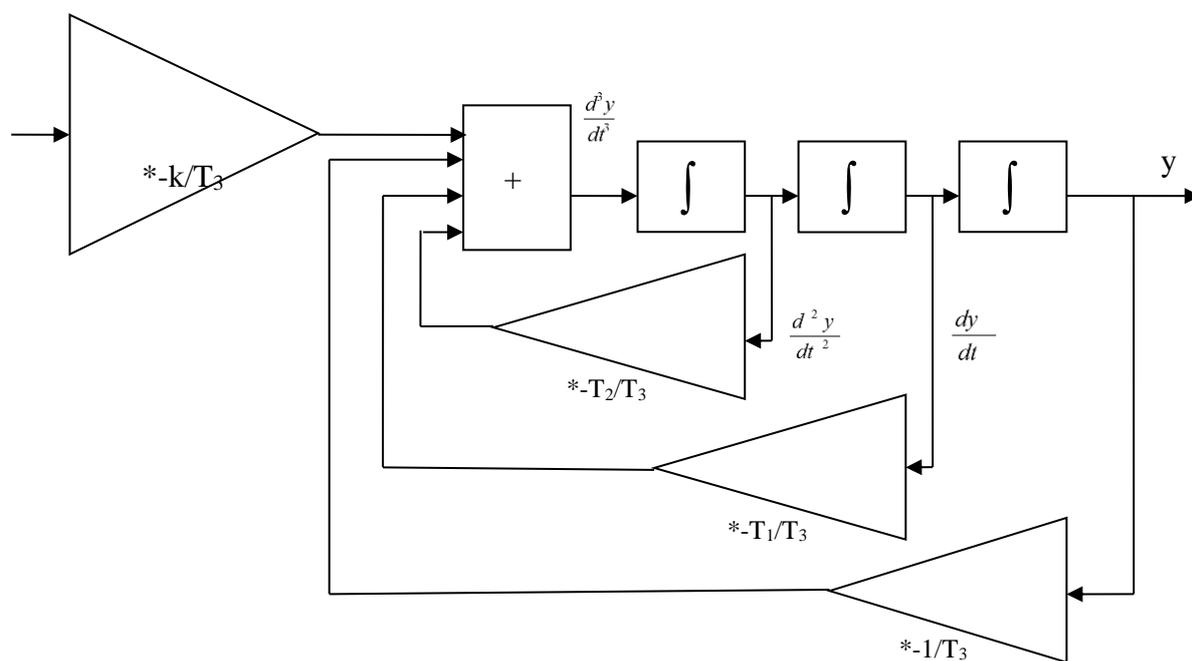
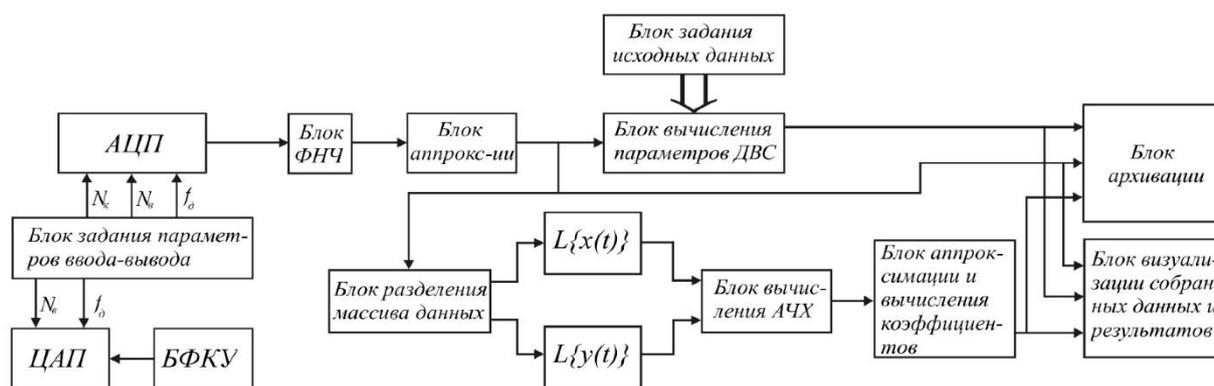


Рисунок. 1 – Структурная схема, поясняющая принцип численного решения дифференциального уравнения.

На основании этой схемы (рисунок 1) и особенностью исследования динамических характеристик двигателей внутреннего сгорания была разработана функциональная схема программного обеспечения, которая представлена на рисунке 2.



f – частота дискретизации;
 n – число измерительных каналов;
 N – длина выборки;
 $L\{x(t)\}$, $L\{y(t)\}$ – преобразование Лапласа входного воздействия и отклика

Рисунок 2 – Функциональная схема программного обеспечения.

Как видно предложенная схема программного обеспечения позволяет осуществлять сбор данных, производить их обработку и необходимые вычисления, осуществлять их запись.

Литература

1. Сеницкий, С. А. Влияние нагрузки машинно-тракторного агрегата на показатели двигателя в условиях эксплуатации: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.04.02 "Тепловые двигатели": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сеницкий Станислав Александрович. – Казань, 2005. – 210 с.
2. Пути повышения эффективности использования двигателей внутреннего сгорания автомобилей и машинно-тракторных агрегатов в условиях эксплуатации / А. К. Юлдашев, В. М. Медведев, С. А. Сеницкий, К. М. Латыпов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2007. – № 1(21). – С. 114-116.
3. Хафизов, К. А. Методика расчета МТА по критерию "совокупные энергозатраты" / К. А. Хафизов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 3. – С. 46-51
4. Хафизов, К. А. Оптимизация параметров и режимов работы МТА на основе энергетического анализа / К. А. Хафизов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 7. – С. 32-34.
5. Сравнительная оценка динамических характеристик энергетических установок с газодизельным циклом на газомоторном топливе / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. В. Матяшин, Д. А. Вахрамеев // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 11. – С. 181-185.

6. Синицкий, С. А. Методика определения коэффициентов дифференциальных уравнений описывающих показатели двигателя МТА при неустановившейся нагрузке / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 203-207.
7. Синицкий, С. А. Определение коэффициентов усиления и линейных зон при исследовании показателей двигателя МТА / С. А. Синицкий, В. М. Медведев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 218-222.
8. Синицкий, С. А. Разработка автоматизированного комплекса сбора и обработки данных при динамических исследованиях двигателя МТА / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 156-159.
9. Влияние конструктивных параметров коленчатого вала на его упруго-демпфирующие свойства при крутильных колебаниях / Ф. Х. Халиуллин, Б. И. Ситдилов, Г. В. Пикмуллин [и др.] // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 7. – С. 99-102.
10. Estimation of Design Parameters of the Crank-Connecting Rod Mechanism of Engines for Mobile Agricultural Machines / F. Kh. Khaliullin, G. V. Pikhullin, A. A. Nurmiev, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00076. – DOI 10.1051/bioconf/20213700076.
11. Иншаков, А. П. Повышение эффективности работы двигателя машинно-тракторного агрегата / А. П. Иншаков, Р. Р. Шакиров, Д. А. Вахрамеев // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: Межвузовский сборник научных трудов / Министерство образования и науки Российской Федерации, Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2010. – С. 132-136.

12. Rationale for Measurements to be Selected for Tractors to Perform Agricultural Activities Differing in Energy Intensity / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDPSciences, 2021. – P. 00138. – DOI 10.1051/bioconf/20213700138.
13. Сервис импортной и отечественной сельскохозяйственной техники и оборудования в современных условиях / К. А. Хафизов, Б. Г. Зиганшин, А. Р. Валиев, Н. И. Семушкин. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2009. – 444 с.
14. Контроль автотракторных датчиков массового расхода воздуха / А. И. Емельянова, А. В. Гриценко, С. А. Барышников, И. Х. Гималтдинов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 153-158.
15. Шакиров Р.Р., Вахрамеев Д.А. Определение оптимальных параметров регулирования по нагрузке в переходных процессах // Вестник Казанского ГАУ. 2010. т. 5. № 4 (18). с. 125-126
16. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
17. Нурмиев, А. А. Математическая модель оптимизации структуры автотранспортного парка / А. А. Нурмиев // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 250-253.
18. Математическое обоснование работы двухимпульсного регулятора по частоте вращения и нагрузке тракторного двигателя / Д. А. Вахрамеев, Н. Д. Давыдов, Р. Р. Шакиров, Ф. Р. Арсланов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2016. – № 18. – С. 229-230.
19. Minimum required power capacity of tractors depending on grain cultivation methods / С. А. Hafizov, R. N. Hafizov, A. A. Nurmiev, F. H. Khaliullin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Stavropol, 29–30 октября 2021 года. – Stavropol, 2022. – P. 012031. – DOI 10.1088/1755-1315/996/1/012031.

© Сеницкий С. А., Лукманов Р. Р., Сеницкая Е.С. 2023

Ибятков Равиль Ибрагимович
Доктор технических наук, профессор
r.ibjatov@mail.ru

Галеев Дамир Миннурович
Аспирант Института механизации и технического сервиса
Казанский государственный аграрный университет, Казань

К РАСЧЕТУ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКИХ СРЕД ПО ОСЕСИММЕТРИЧНЫМ КРИВОЛИНЕЙНЫМ КАНАЛАМ

Аннотация. Рассматривается течение жидкой среды в осесимметричных областях сложной геометрической формы. Предполагается, что криволинейный канал образован двумя поверхностями вращения. При расчете течений в подобных каналах возникает проблема вычисления толщины щели и радиуса вращения произвольной точки в рабочей области. Для расчета радиуса вращения произвольной точки в каналах с постоянной толщиной построено дифференциальное уравнение. Когда толщина канала является переменной величиной, то задача усложняется. Для ее определения построен численный алгоритм, основанный на итерационном решении двух нелинейных уравнений. Уравнения движения жидкой среды решаются методом поверхностей равных расходов. Приводятся некоторые результаты численных расчетов.

Ключевые слова: осесимметричный канал, радиус вращения, уравнение движения, поверхности равных расходов.

Ravil I. Ibyatov
Doctor of technics sciences, professor
r.ibjatov@mail.ru

Damir M. Galeev
Postgraduate student of the Institute of Mechanization and Technical Service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

TO THE CALCULATION OF THE FLOW OF LIQUID MEDIA IN AXISYMMETRIC CURVILINEAR CHANNELS

Annotation. The flow of a liquid medium in axisymmetric regions of a complex geometric shape is considered. It is assumed that the curvilinear channel is formed by two surfaces of revolution. When calculating flows in such channels, the problem arises of calculating the thickness of the slot and the radius of rotation of an arbitrary point in the working area. To calculate the radius of rotation of an arbitrary point in channels with a constant thickness, a differential equation is constructed. When the channel thickness

is a variable, the task becomes more complicated. To determine it, a numerical algorithm is constructed based on the iterative solution of two nonlinear equations. The equations of motion of a liquid medium are solved by the method of surfaces of equal costs. Some results of numerical calculations are presented.

Key words: axisymmetric channel, radius of rotation, equation of motion, surfaces of equal flow rates.

Расчет и обоснование рациональных размеров рабочих органов оборудования, режимов их работы возможны при наличии соответствующих математических моделей [1-3]. В данной работе рассматривается течение жидкой среды в осесимметричных областях сложной геометрической формы [4-6]. Предполагается, что криволинейный канал образован двумя поверхностями вращения. При расчете течений в подобных каналах возникает проблема вычисления толщины щели и радиуса вращения произвольной точки в рабочей области [7-9].

Пусть криволинейный канал образован двумя поверхностями вращения, которые заданы в виде уравнений

$$z = f(R),$$

$$z = f(R) + b.$$

Обозначим через (x, y) оси ортогональной системы координат, связанных с поверхностью вращения. Пусть продольная координата x совпадает с образующей верхней поверхности вращения. Тогда длина дуги x при заданном радиусе вращения R вычисляется по формуле

$$x = \int_0^R \sqrt{1 + (df/dR)^2} dr. \quad (1)$$

Для вычисления радиуса вращения насадки рассмотрим неявную функцию

$$F(x, R) = \int_0^R \sqrt{1 + (df/dR)^2} dR - x.$$

Вычислим частных производных

$$\frac{\partial F}{\partial x} = -1,$$

$$\frac{\partial F}{\partial R} = \sqrt{1 + (df/dR)^2}.$$

Отсюда получим следующее дифференциальное уравнение для вычисления радиуса вращения насадки

$$\frac{\partial R}{\partial x} = - \frac{\partial F / \partial x}{\partial F / \partial R} = \frac{1}{\sqrt{1 + (df / dR)^2}}.$$

Для учета направления влияния массовых сил необходимо знать угла наклона насадки относительно оси вращения. Как известно, угол наклона касательной к насадке φ в произвольной точке определяется формулой

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + (df / dR)^2}}.$$

Угол между касательной к насадке и оси вращения составляет $\beta = \frac{\pi}{2} - \varphi$.

Поэтому

$$\sin \beta = \frac{1}{\sqrt{1 + (df / dR)^2}}.$$

Отсюда окончательно получим

$$\beta = \arcsin \frac{1}{\sqrt{1 + (df / dR)^2}}.$$

Таким образом, радиус вращения жидкости в произвольной точке криволинейного зазора вычисляется по формуле

$$r = R(x) - y \cos \beta(x).$$

Когда толщина канала является переменной величиной, то задача усложняется [10-12]. При заданной координате x_A с помощью численного решения уравнения (1) определяется радиус вращения верхней насадки r_A . Толщина криволинейного канала может быть определена как кратчайшее расстояние между насадками из условия минимума функции

$$d(r) = \sqrt{(r - r_A)^2 + (f(r) + b - f(r_A))^2}. \quad (2)$$

После дифференцирования данной зависимости получим следующее нелинейное уравнение

$$r - r_A + (f(r) + b - f(r_A)) \frac{df}{dr} = 0.$$

Из решения полученного уравнения определяется радиус вращения r , который соответствует минимальному зазору между вставками в сечении $x = x_A$. По найденным радиусам с помощью формулы (2) вычисляется искомое расстояние между криволинейными вставками [13-15].

Движение жидкой среды описывается уравнениями

$$\frac{\partial(rU)}{\partial x} + \frac{\partial(rV)}{\partial y} = 0,$$

$$\rho \left(U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\mu \frac{\partial U}{\partial r} \right) + \rho F_1,$$

$$-\frac{\partial P}{\partial y} + \rho F_2 = 0,$$

где $F_1 = \omega^2 r \sin \beta$, $F_2 = -\omega^2 r \cos \beta$.

Записанная система уравнений решается при условиях

$$y = 0: U = 0;$$

$$y = h: U = 0;$$

$$x = x_0: U = U_0(y),$$

методом поверхностей равных расходов [16-18]. В поле течения, согласно геометрии сечения канала, введем поверхности равных расходов y_k ($k = \overline{1, N}$). Расход жидкой среды между поверхностями $y_{k-1}(x)$ и $y_k(x)$ определяются следующим образом

$$\frac{d}{dx} \int_{y_{k-1}}^{y_k} 2\pi r U dy = 0, \quad k = \overline{2, N}.$$

Интеграл представим формулой трапеции численного интегрирования [13-15]. Полученную разностную формулу продифференцируем по x . В результате получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\frac{dy_k}{dx} = \frac{dy_{k-1}}{dx} - \frac{y_k - y_{k-1}}{U_k r_k + U_{k-1} r_{k-1}} \cdot \frac{d(U_k r_k + U_{k-1} r_{k-1})}{dx}, \quad k = \overline{2, N}. \quad (3)$$

Уравнения (2)-(3) запишем на поверхностях равных расходов y_k [19-21]. После выполнения соответствующих преобразований они примут вид [1]

$$\rho U_k \frac{dU_k}{dx} = -\frac{dP_k}{dx} + \rho F_{2k} \frac{dy_k}{dx} + \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial y} \left(r\mu \frac{\partial U_k}{\partial y} \right) \right]_k + \rho F_{1k}, \quad k = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений (3)-(4) решается численно [22-23]. Некоторые результаты численных расчетов представлены на рисунках 1-2. На входном участке происходит изменение эпюры скоростей (рисунок 1). Форма эпюры скоростей меняется от плоского до параболического вида [24-25]. Поэтому на начальном участке наблюдается искривления линий тока (рисунок 2). В дальнейшем они выходят к своим асимптотам.

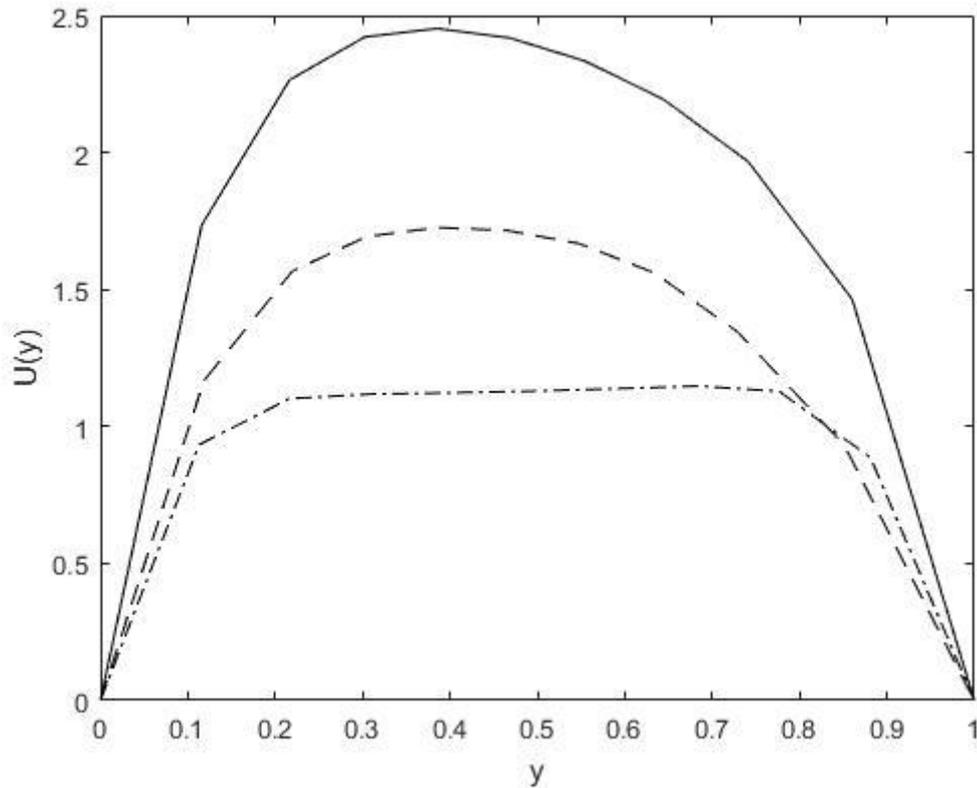


Рисунок 1 - Изменение эпюры скоростей на входном участке

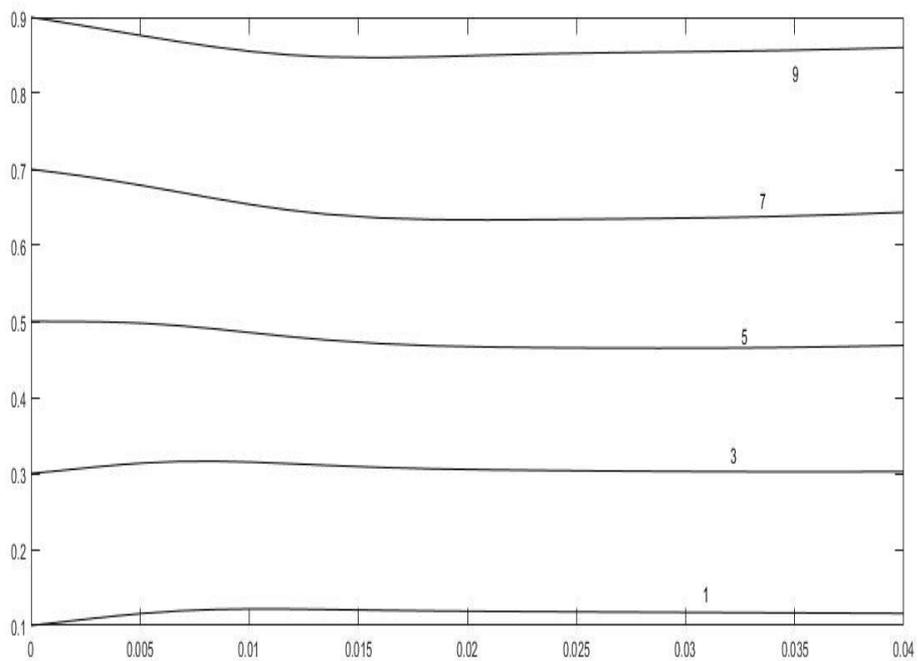


Рисунок 2 - Характерные формы линии тока при $Re=100$

Литература

1. Зиннатуллина, А. Н. Численное моделирование фильтрации воды в вертикальной скважине / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И.

Ибяттов // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 7. – С. 87-90.

2. Зиннатуллина, А. Н. Моделирование миграции загрязнения в подземных водах / А. Н. Зиннатуллина // Современные достижения аграрной науки : научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича, Казань, 02 ноября 2020 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 660-666.

3. Оценка распределения капель дезинфицирующей жидкости по обрабатываемой поверхности / Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, М. А. Лушнов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 3(54). – С. 103-107. – DOI 10.12737/article_5db969d80165a4.44685655.

4. Ибяттов, Р.И. Математическое моделирование течения многофазной гетерогенной среды по проницаемому каналу / Р.И. Ибяттов, Л.П. Холпанов, Ф.Г. Ахмадиев, И.Г. Бекбулатов // Теоретические основы химической технологии. – 2007. – Т. 41. – № 5. – С. 514-523.

5. Ибяттов, Р.И. Математическое моделирование течения многофазной гетерогенной среды по проницаемой трубе / Р.И. Ибяттов, Л.П. Холпанов, Ф.Г. Ахмадиев, И.Г. Бекбулатов // Теоретические основы химической технологии. – 2005. – Т. 39. – № 5. – С. 533-541.

6. Холпанов, Л.П. Моделирование гидродинамики многофазных гетерогенных сред в центробежном поле / Л.П. Холпанов, Р.И. Ибяттов // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – Т. 43. – № 5. – С. 534-546.

7. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

8. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

9. Медведев, В. М. Математическая модель оценки динамических показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке / В. М.

Медведев, С. А. Синицкий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2(53). – С. 106-110. – DOI 10.12737/article_5d3e174a791dc8.26723129.

10. Ибяттов, Р.И. Течение многофазной среды по проницаемой поверхности с образованием осадка / Р.И. Ибяттов, Л.П. Холпанов, Ф.Г. Ахмадиев // Инженерно-физический журнал. – 2005. – Т. 78. – № 2. – С. 65-72.

11. Ибяттов, Р.И. Расчет течения гетерогенных сред неньютоновского поведения по проницаемым поверхностям / Р.И. Ибяттов, Л.П. Холпанов, Ф.Г. Ахмадиев, Р.Р. Фазылзянов // Инженерно-физический журнал. – 2003. – Т. 76. – № 6. – С. 80-87.

12. Холпанов, Л.П. Математическое моделирование гидродинамики на проницаемых поверхностях / Л.П. Холпанов, Р.И. Ибяттов, Ф.Г. Ахмадиев, И.Г. Бекбулатов // Теоретические основы химической технологии. – 2003. – Т. 37. – № 3. – С. 227-237.

13. Сравнительная оценка динамических характеристик энергетических установок с газодизельным циклом на газомоторном топливе / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. В. Матяшин, Д. А. Вахрамеев // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 11. – С. 181-185.

14. Давлиев, И. И. Механическая характеристика электродвигателя / И. И. Давлиев, Р. Г. Рахматуллина, А. Н. Зиннатуллина // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 37-43.

15. Зиннатуллина, А. Н. Преимущества автоматизации SAS / А. Н. Зиннатуллина, В. Л. Киселев, Н. Г. Киселева // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 394-400.

16. Киселева, Н. Г. Успешное развитие отечественного сельскохозяйственного производства - СПК «Звениговский» / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для Республики Татарстан: Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. – Казань, Казанский ГАУ: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 133-140.

17. Киселева, Н. Г. Цифровое земледелие в агробизнесе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, В. Л. Киселев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–

03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 231-237.

18. Киселева, Н. Г. Роль и место производственной практики в формировании студентов / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, Е. Р. Газизов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 202-205.

19. Рахматуллина, Р. Г. Практическое применение теоремы об изменении кинетической энергии механической системы / Р. Г. Рахматуллина, А. Н. Зиннатуллина // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 271-278.

20. Лушнов, М. А. Математическая модель тепловой обработки потоков в смесителе - запарнике при помощи распылителей / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов, М. Д. Кононов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 109-115.

21. Автоматизированная система промывки доильного оборудования / Б. Л. Иванов, И. Р. Нафиков, М. А. Лушнов, Т. Хохмут // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 258-263.

22. Королева, В. В. Применение схемы Шамира для разделения секрета / В. В. Королева, Р. Г. Рахматуллина, Е. Г. Филиппов // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 233-237.

23. Рахматуллина, Р. Г. Изучение теплового потока жидкости на поверхности проводника / Р. Г. Рахматуллина, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 281-283.

24. Вагапов, Р. Ф. Анализ экологических последствий аварий на нефтепроводах / Р. Ф. Вагапов, И. И. Фасхутдинов, В. М. Медведев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 429-431

25. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

© Ибяттов Р.И., Галиев Д.М., 2023.

Зиннатуллина Алсу Наилевна

Кандидат технических наук, доцент

zinnatullina-alsu@mail.ru

Киселев Вадим Леонидович

Студент 3 курса Института механизации и технического сервиса

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УДОБРЕНИЙ В АПК

Аннотация. Методы математической обработки данных позволяют решать задачи, содержащие целевую функцию – минимум или максимум, систему ограничений по ресурсам. Математическая модель оптимизации направлена на нахождение наилучшего результата из некоторого множества вариантов. В зависимости от поставленной цели записывается математическая модель задачи и математическими методами вычислительных процедур находится наилучший результат.

Ключевые слова: задача оптимизации, математическая модель, результат, условия-ограничения, критерий оптимальности.

Alsu N. Zinnanullina

Candidate of technical sciences, Associate Professor

Vadim L. Kiselev

third-year student of Institute of Mechanization and Technical Service

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

OPTIMIZATION MODELS OF EFFICIENT USE OF FERTILIZERS IN AGRICULTURE

Abstract. Methods of mathematical data processing allow solving problems containing a target function – minimum or maximum, a system of resource constraints. The mathematical model of optimization is aimed at finding the best result from a certain set of options. Depending on the goal, a mathematical model of the problem is recorded and the best result is found using mathematical methods of computational procedures.

Keywords: optimization problem, mathematical model, result, constraint conditions, optimality criterion.

Оптимизация находит применения в любой области человеческой деятельности. Математический аппарат позволяет описать многие явления и процессы. Оригиналы исследуемых объектов можно заменить математическими моделями [1-3]. В жизни людей часто встречаются задачи, в которых требуется найти наилучшее (оптимальное) решение. Такого рода задачи называют

удовлетворяющая системе линейных ограничений:

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \geq 10, \\ 4x_1 + 6x_2 \geq 20, \\ x_1 + 3x_2 \geq 7, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Геометрическая иллюстрация решения системы ограничений и целевой функции имеет вид (рисунок 1):

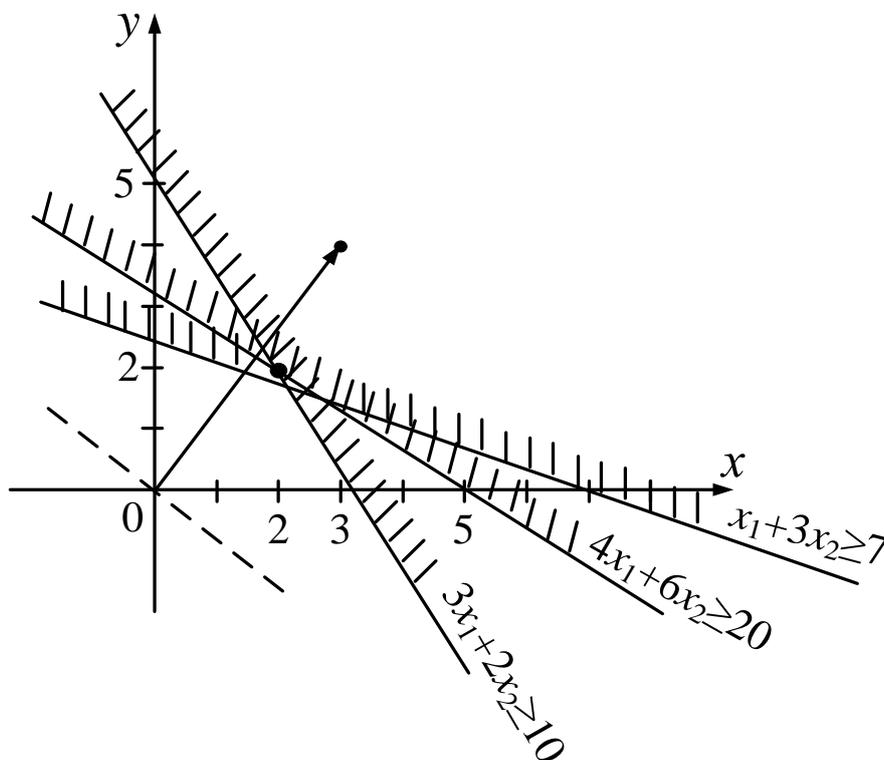


Рисунок 1 - Графическое решение задачи

Решением данной задачи являются следующие значения: $x_1 = 2$, $x_2 = 2$.

Таким образом, предприятие затратит минимальные затраты, если купит 2 обычных и 2 улучшенных наборов удобрений [13-15]:

$$F(2; 2) = 3 \cdot 2 + 4 \cdot 2 = 14 \text{ ден.ед.}$$

Задача 2. Предприятию требуется рассчитать количество минеральных удобрений под выращенную новую сельскохозяйственную культуру. Известно, что под эту культуру необходимо на 1 га вносить 10 кг азота, 8 кг фосфора, 5 кг калия. В продаже имеется четыре вида подходящих удобрений разных производителей. Содержание необходимых элементов в килограммах и цена в расчете на 1 тонну для этих видов удобрений показаны в таблице 1.

Требуется рассчитать доли удобрений каждого вида с минимальными затратами для предприятия, при этом не выходя за пределы предъявляемых требований [16-18]. Площадь для внесения удобрений у предприятия составляет 90 га.

Составляем математическую модель задачи.

Таблица 1 - Содержание необходимых элементов (в кг) в 1 тонне удобрений на рынке производства и их цена в расчете на 1 тонну

Номера удобрений	Состав, кг			Цена, руб
	Азот	Фосфор	Калий	
№1	26	12	4	485
№2	12	6	10	397
№3	8	10	5	309
№4	5	12	4	265

Пусть x_1, x_2, x_3, x_4 - доли удобрений вида №1, №2, №3 и №4 соответственно в тонне смеси, вносимой на один гектар. Целевая функция имеет следующий вид:

$$F(x) = 485x_1 + 397x_2 + 309x_3 + 265x_4 \rightarrow \min,$$

при системе линейных ограничений:

$$\begin{cases} 26x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 5x_4 \geq 10, \\ 12x_1 + 6x_2 + 10x_3 + 12x_4 \geq 8, \\ 4x_1 + 10x_2 + 5x_3 + 4x_4 \geq 5, \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0. \end{cases}$$

Решением данной задачи являются следующие значения:

$$x_1 = 16,7, x_2 = 26,25, x_3 = 0, x_4 = 30,18.$$

Таким образом, для предприятия минимальные затраты будут составлять:

$$F_{\min} = 485 \cdot 16,7 + 397 \cdot 26,25 + 265 \cdot 30,18 = 26518 \text{ руб.}$$

Вывод. Математические модели оптимизации и методы решения позволяют выбрать оптимальные решения задачи, в зависимости от поставленной цели [19-22]. Большим преимуществом математических методов решения исследуемых задач, является не проводить в действительности исследуемые явления и процессы.

Литература

1. Calculation of making doses of fertilizers under planned yield of spring wheat using an artificial neural network / A. A. Valiev, R. I. Ibyatov, S. V. Novikova, N. G. Kiseleva // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020.
2. Ибятов, Р. И. Уменьшение размерности таксационных показателей древостоев сосны методом главных компонент / Р. И. Ибятов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-

- практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 110-114.
3. Ибяттов, Р. И. Применение метода главных компонент для уменьшения размерности многомерных данных / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 21-23.
4. Особенности подготовки организаторов учебного процесса аграрного университета к использованию средств ИКТ в профессиональной деятельности / Е. Р. Газизов, А. Р. Газизов, А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 673-680.
5. Ибяттов, Р. И. Визуальный анализ факторов на таксационные показатели древостоев сосны / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 107-110.
6. Графический анализ влияния факторов на урожайность яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г. Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 101-107.
7. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 130-137.
8. Валиев, А. А. Информационные технологии в обработке и визуализации данных / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 193-195.

9. Киселева, Н. Г. Моделирование объемов стволов лесных культур сосны / Н. Г. Киселева // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 416-419.
10. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17– № 1(65). – С. 50-55.
11. Особенности конструкции современных зерноуборочных комбайнов фирмы Claas / И. Х. Гайфуллин, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 112-119.
12. Effect of Mephosphonee on methane generation in organic waste processing / I. Kh. Gaifullin, B. G. Ziganshin, I. N. Safiullin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00019. – DOI 10.1051/bioconf/20225200019.
13. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
14. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.
15. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.
16. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы

технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

17. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

18. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Сеницкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

19. Зиннатуллина, А. Н. Моделирование процесса загрязнения при фильтрации воды под гидросооружением / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибятков // Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26. – № 10. – С. 120-126.

20. Киселева, Н. Г. Дистанционное обучение и его формы / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 120-122.

21. Иванов, Б. Л. Современные технологии дезинфекции животноводческих помещений и оборудования / Б. Л. Иванов, И. Н. Сафиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.э.н., профессора Н.С. Каткова., Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 86-89.

22. Дезинфекция производственных помещений и оборудования / Б. Л. Иванов, А. И. Рудаков, Н. Х. Зиннатуллин, М. А. Лушнов // – 2017. – Т. 20, № 21. – С. 130-133.

© Зиннатуллина А.Н., Киселев В.Л., 2023.

Киселева Наталья Геннадьевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
tng1975@mail.ru

Киселев Вадим Леонидович
Студент 3 курса Института механизации и технического сервиса
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

МОДЕЛИ ПРОГНОЗА ОПТИМАЛЬНОГО РАЦИОНА КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Аннотация. Математические модели прогноза направлены на нахождение оптимального рациона кормления сельскохозяйственных животных из некоторого множества допустимых вариантов. В зависимости от поставленной задачи записывается целевая функция, система ограничений по имеющимся ресурсам для переменных и математическими методами вычислительных процедур находится наилучший план.

Ключевые слова: математическая модель, целевая функция, условия-ограничения, объект, оптимальное распределение.

Natalia G. Kiseleva
Candidate of agricultural sciences, Associate Professor
tng1975@mail.ru
Vadim L. Kiselev
third-year student of Institute of Mechanization and Technical Service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

MODELS FOR PREDICTING THE OPTIMAL FEEDING RATION OF FARM ANIMALS

Abstract. Mathematical models of the forecast are aimed at finding the optimal diet for feeding farm animals from a certain set of acceptable options. Depending on the task, the objective function is written, the system is limited by the available resources for variables and the best plan is found by mathematical methods of computational procedures.

Keywords: mathematical model, objective function, constraint conditions, object, optimal distribution.

В нашей повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с различными моделями, а также процессами моделирования [1...3]. Моделирование является актуальным в случаях, когда реальную систему исследовать трудоемко, и ее заменяют на модель с теми же свойствами и характеристиками реальной системы [4...6]. Таким образом, приближенное описание исследуемого объекта с помощью математического языка, это и есть математическая модель.

Экономически не целесообразно проводить эксперимент в действительности для определения оптимального рациона, который требуется для кормления сельскохозяйственных животных [7...9]. В целях устранения денежных затрат и критических ситуаций при составлении рациона кормления применяют математическое моделирование, которое позволяет быстро отвечать на вопросы, на которые в реальной жизни потребовались бы длительные временные промежутки [10...12]. Математическое моделирование позволяет выделить важные моменты при составлении рациона и отделить второстепенные, несущественные моменты, которыми можно пренебречь.

При решении задач часто необходимо найти наименьшее или наибольшее значение функции при определенных ограничениях [13...15]. По условию задачи, записав функцию и ограничения, получаем математическую модель задачи. Математическую задачу в общем виде можно записать следующим образом:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_n x_n \rightarrow \max(\min),$$

удовлетворяющая системе линейных ограничений:

$$\begin{cases} a_{ij}x_i \leq b_j, \\ a_{ij}x_i \geq b_j, \\ a_{ij}x_i = b_j. \end{cases}$$

где известные коэффициенты c_i ; a_{ij} ; b_j , а величины x_i – неизвестные ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, m$).

Математические методы позволяют найти оптимальное решение требуемой задачи, рассчитать при имеющихся ограничениях неизвестные величины [16...18].

Рассмотрим некоторые постановки задачи на составление моделей прогноза рационального кормления сельскохозяйственных животных.

Задача 1. Хозяйство имеет 220 голов крупного рогатого скота, рацион которых состоит из пищевых продуктов: А, В, С, Д и Е. Суточная норма одного животного составляет не менее 2 кг продукта А, 1,5 кг продукта В, 0,9 кг продукта С, 3 кг продукта Д и 1,8 кг продукта Е. Содержание данных продуктов только в концентратах К-1, К-2, К-3, цена которых соответственно равна 15; 24; 19 ден.ед за 1 кг. Содержание продуктов в 1 кг концентрата (%) представлено в таблице 1.

Составить математическую модель и рассчитать минимальные денежные затраты на покупку концентратов для рационального кормления скота.

Таблица 1 – Содержание продуктов в 1 кг концентрата (%)

Концентраты	Продукты				
	А	В	С	Д	Е
К-1	15	22	0	0	4
К-2	19	17	0	14	7
К-3	5	12	25	5	8

Пусть x_1 – количество в концентрате К-1;

x_2 – количество в концентрате К-2;

x_3 – количество в концентрате К-3.

Составим для данной задачи математическую модель [19...20]:

$$F(x) = 15x_1 + 24x_2 + 19x_3 \rightarrow \min,$$

удовлетворяющая системе ограничений:

$$\begin{cases} 15x_1 + 19x_2 + 5x_3 \geq 2, \\ 22x_1 + 17x_2 + 12x_3 \geq 1,5, \\ 25x_3 \geq 0,9, \\ 14x_2 + 5x_3 \geq 3, \\ 4x_1 + 7x_2 + 8x_3 \geq 1,8, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{cases}$$

Решением данной задачи являются следующие значения: $x_1 = 0$, $x_2 = 0,195$, $x_3 = 0,054$. Таким образом, хозяйство затратит минимальные затраты:

$$F(0; 0,195; 0,054) = 24 \cdot 0,195 + 19 \cdot 0,054 = 5,712 \text{ ден.ед.}$$

Задача 2. Хозяйство при составлении суточного рациона кормления скота можно использовать свежее сено (не более 50 кг), силос (не более 85 кг) и комбикорм (не более 10 кг). В таблице 2 приведены данные о содержимом указанных компонентов в 1 кг каждого продукта питания, питательность рациона (минимальные нормы) и стоимость продуктов.

Таблица 2 – Содержание компонентов, питательность рациона и стоимость продуктов

Питательные вещества	Продукт			Питательность рациона
	Свежее сено	Силос	Комбикорм	
Кормовые единицы	0,5	0,3	0,2	30 единиц
Белок, г/кг	40	10	20	1 кг
Кальций, г/кг	1,25	2,5	1,23	100 г
Фосфор, г/кг	2	1	1	80 г
Стоимость, ден.ед.	1,2	0,8	2	

Определить оптимальный рацион исходя из минимума его себестоимости [21...23].

Пусть x_1 (кг) – количество сена, x_2 (кг) – количество силоса; x_3 (кг) – количество комбикорма.

Целевая функция себестоимости рациона записывается следующей функцией:

$$F(x) = 1,2x_1 + 0,8x_2 + 2x_3 \rightarrow \min,$$

удовлетворяющая системе ограничений:

$$\left\{ \begin{array}{l} 0,5x_1 + 0,3x_2 + 0,2x_3 \geq 30, \\ 0,04x_1 + 0,01x_2 + 0,02x_3 \geq 1, \\ 0,00125x_1 + 0,0025x_2 + 0,0023x_3 \geq 0,1, \\ 0,002x_1 + 0,001x_2 + 0,001x_3 \geq 0,08, \\ x_1 \leq 50, \\ x_2 \leq 85, \\ x_3 \leq 10, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0. \end{array} \right.$$

Математическими методами вычислительных процедур были получены следующие результаты: минимальные затраты составят $F_{\min}=73,33$ ден.ед., если $x_1=50$ (кг) – количество сена; $x_2= 16,67$ (кг) – количество силоса; $x_3= 0$ (кг) – количество комбикорма, при этом суточный рацион будет содержать: 30 кормовых ед. при норме 30 ед., 2 кг белка при норме 1 кг, 104 г кальция при норме 100 г, 117 г фосфора при норме 80 г.

Вывод. Математические модели позволили составить оптимальный рацион для кормления сельскохозяйственных животных, определить количество и какие виды веществ должны входить в рацион с минимальными денежными затратами для хозяйства.

Литература

1. Calculation of making doses of fertilizers under planned yield of spring wheat using an artificial neural network / A. A. Valiev, R. I. Ibyatov, S. V. Novikova, N. G. Kiseleva // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020.
2. Ибяттов, Р. И. Визуальный анализ факторов на таксационные показатели древостоев сосны / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 107-110.
3. Закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья / В. Л. Черных, А. А. Домрачев, А. С. Елсуков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 1(319). – С. 20-28.
4. Графический анализ влияния факторов на урожайность яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г. Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и

перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 101-107.

5. Ибяттов, Р. И. Уменьшение размерности таксационных показателей древостоев сосны методом главных компонент / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 110-114.

6. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17– № 1(65). – С. 50-55.

7. Особенности конструкции современных зерноуборочных комбайнов фирмы Claas / И. Х. Гайфуллин, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 112-119.

8. Effect of Mephosphonee on methane generation in organic waste processing / I. Kh. Gaifullin, B. G. Ziganshin, I. N. Safiullin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00019. – DOI 10.1051/bioconf/20225200019.

9. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 195-201.

10. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

11. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

12. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты

emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

13. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

14. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

15. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

16. Рахматуллина, Р. Г. Практическое применение теоремы об изменении кинетической энергии механической системы / Р. Г. Рахматуллина, А. Н. Зиннатуллина // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 271-278.

17. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1.2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

18. Зиннатуллина, А. Н. Моделирование процесса загрязнения при фильтрации воды под гидросооружением / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26. – № 10. – С. 120-126.

19. Shamsiev, M. N. Studying the Process of Pollutant Transport by Water Flowing under a Dam with a Rabbet / M. N. Shamsiev, A. N. Zinnatullina, R.

I. Ibyatov // Water Resources. – 2018. – Vol. 45. – No 4. – P. 560-564. – DOI 10.1134/S009780781804019X.

20. Зиннатуллина, А. Н. Математическое моделирование распространения загрязнения под гидросооружением со шпунтом / А. Н. Зиннатуллина, Р. И. Ибяттов, М. Н. Шамсиев // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – 2014. – № 7(66). – С. 43-47.

21. Рудаков, А. И. Повышение энергетической эффективности сублимационной сушки сельскохозяйственных материалов / А. И. Рудаков, И. Р. Нафиков, Б. Л. Иванов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2007. – Т. 2, № 2(6). – С. 101-105.

22. Calibration of soil humidity sensors of automatic irrigation controller / R. F. Sabirov, B. L. Ivanov, M. A. Lushnov // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019): International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00249. – DOI 10.1051/bioconf/20201700249.

23. Патент на полезную модель № 119264 U1 Российская Федерация, МПКВ05В 7/00. Пневматический распылитель: № 2012107613/05: заявл. 28.02.2012; опубл. 20.08.2012 / Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, О. Ю. Маркин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ).

©Киселева Н.Г., Киселев В.Л., 2023.

Рахматуллина Резида Гайфулловна
Кандидат физико-математических наук
rachmatrg@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

Маскова Альбина Рафитовна

Кандидат технических наук

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА В ТЕПЛООБМЕННИКАХ

Аннотация. В данной работе предложены разнообразные процессы переноса тепла. На эффективность процесса теплообмена влияют форма поверхности теплообмена, шероховатость поверхности, температурный напор и другие особенности.

Ключевые слова: теплоноситель, теплообмен, теплообменник, конденсация.

Rakhmatullina Rezida Gayfullovna

Candidate of Physical and Mathematical Sciences

rachmatrg@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Albina R. Maskova

Candidate of Technical Sciences

Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

HEAT TRANSFER PROCESSES IN HEAT EXCHANGERS

Annotation. In this paper, various heat transfer processes are proposed. The efficiency of the heat exchange process is influenced by the shape of the heat exchange surface, surface roughness, temperature pressure and other features.

Keywords: heat carrier, heat exchange, heat exchanger, condensation.

Для исследования многих технологических, теплофизических и химических исследований, необходимо подвод или отвод тепловой энергии [1...3]. Для проведения вышеперечисленных исследований применяются теплоносители, которые отдают или поглощают энергию в теплообменниках.

Теплообменники широко применяются в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве.

Теплообменник имеется в каждом доме, например, под подоконником установлены системы.

Теплообменник – это устройства, предназначенные для передачи теплоты от одной рабочей среды к другой [4...6]. Различают различные

виды теплообменных аппаратов. По способу передачи теплоты теплообменники бывают рекуперативные, регенеративные, смешительные. В теплообменных аппаратах теплоноситель является – горячая вода.

По второму закону термодинамики переход теплоты возможен только по нагреванию от горячего потока к холодному [7...9]. Горячая вода отдает свою энергию в форме теплоты, а холодная вода её получает. При этом температура меняется у горячего потока и у холодного потока.

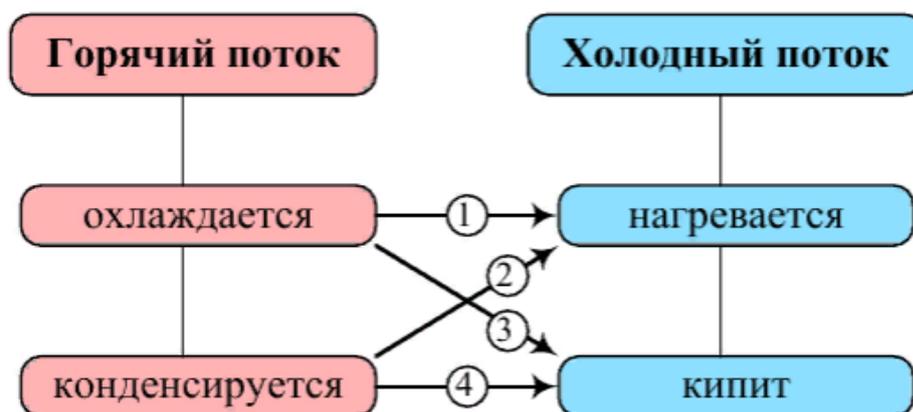


Рисунок 1 - Для процесса передачи тепла

Для того, чтобы совершить обратный процесс от холодного потока к горячему требуется совершение работы.

Рассмотрим распространенный процесс от горячего потока в холодный поток. Горячий поток передают свою теплоту к холодному потоку [10...12]. При этом изменяются температуры обоих потоков. И холодный поток начинает нагреваться. Для того чтобы охладить горячий поток то при этом используются теплообменники называют холодильниками. Для того чтобы нагреть холодный поток используются теплообменники, то аппарат называется подогревателями.

Следующий процесс, горячий поток конденсируется, а холодный конденсируется [13...15]. Этот процесс связан с отводом от пара теплоты.

Конденсация – это переход вещества пара в жидкость. При конденсации температура горячего потока, может оставаться неизменной или понижаться. Если рассмотреть чистое вещество, то при конденсации его температура не меняется и равна температуре кипения [16...18]. Например, пары бензола заходят в теплообменник при температуре около 82°C, при выходе бензола из конденсатора имеет ту же температуру. Этот факт вызывает удивление! Как же так, горячий поток отдаёт теплоту, а его температура остаётся неизменной? Но при этом, конденсация – это процесс обратный кипению.

При конденсации веществ с двумя или более компонентами наблюдается понижение температуры. Например, если в конденсатор

попадает пары бензола составом около 60% и около 40% масс толуола. Пары бензола начинают конденсироваться при 110°C, а заканчивается с понижением температуры около 6-7°C. При решении задач на процессы конденсации приходится находить начальную температуру и конечную температуру тел, поэтому задачи лучше решать с использованием компьютерных программ [19...21].

В группе, чтобы горячий поток охладился, а холодный кипел, применяют холодильники. В следующей группе чтобы горячий поток конденсировался, а холодный кипел, применяют кипятильники. Например, рассмотрим толуол. В качестве теплоносителя используется водяной пар, имеющий температуру конденсации 140°C.

В процессе конденсации водяного пара выделяется теплота, которая затрачивается на испарение толуола. Если рассмотреть двух и более компонентных веществ необходимо определять начальную температуру кипения и конечную температуру кипения.

Литература

1. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17– № 1(65). – С. 50-55.
2. Особенности конструкции современных зерноуборочных комбайнов фирмы Claas / И. Х. Гайфуллин, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 112-119.
3. Использование препарата "Мефосфон" для выращивания органической хлебобулочной продукции / А. С. Ганиев, З. М. Халиуллина, И. Х. Гайфуллин, А. А. Щелчкова // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 126-132.
4. Effect of Mephosphonee on methane generation in organic waste processing / I. Kh. Gaifullin, B. G. Ziganshin, I. N. Safiullin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDPSciences, 2022. – P. 00019. – DOI 10.1051/bioconf/20225200019.
5. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной

научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 195-201.

6. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

7. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

8. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты *emotronfdu*" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

9. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

10. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019) : International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

11. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

12. Вагапов, Р. Ф. Анализ экологических последствий аварий на нефтепроводах / Р. Ф. Вагапов, И. И. Фасхутдинов, В. М. Медведев // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 429-431.
13. Киселева, Н. Г. Успешное развитие отечественного сельскохозяйственного производства - СПК «Звениговский» / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Циркулярная экономика в сельском хозяйстве: международный опыт для Республики Татарстан: Сборник трудов по материалам круглого стола в рамках итоговой коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан, Казань, 24–25 февраля 2022 года. – Казань, Казанский ГАУ: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 133-140.
14. Зиннатуллина, А. Н. Моделирование миграции загрязнения в подземных водах / А. Н. Зиннатуллина // Современные достижения аграрной науки : научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича, Казань, 02 ноября 2020 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 660-666.
15. Киселева, Н. Г. Особенности обучения иностранных учащихся на предвузовском этапе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 419-424.
16. Зиннатуллина, А. Н. Численное моделирование процесса распространения загрязнения под гидросооружением / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Е. Г. Шешуков // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 257-259.
17. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы

Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

18. Ибяттов, Р. И. Применение метода главных компонент для уменьшения размерности многомерных данных / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 21-23.

19. Закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья / В. Л. Черных, А. А. Домрачев, А. С. Елсуков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 1(319). – С. 20-28.

20. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 130-137.

21. Лушнов, М. А. Оптимизация параметров горизонтального смесителя высоковязких кормов с эксцентрично расположенным рабочим органом / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов, А. И. Рудаков // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 97-102.

22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

23. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

© Рахматуллина Р.Г., Маскова А.Р., 2023

Рахматуллина Резида Гайфулловна
Кандидат физико-математических наук
rachmatrg@mail.ru

Зиннатуллина Алсу Наилевна
Кандидат технических наук

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В данной работе рассмотрены востребованные теплообменники двух видов кожухотрубные и пластинчатые. Актуализируются преимущества аргонодуговой сварки при изготовлении теплообменных аппаратов.

Ключевые слова: кожухотрубные теплообменники, пластинчатые теплообменники, дуговая сварка, аргонодуговая сварка.

Rezida G. Rakhmatullina

Candidate of Physical and Mathematical Sciences
rachmatrg@mail.ru

Alsu N. Zinnatullina

Candidate of Technical Sciences
Kazan State Agrarian University, Kazan

STUDY OF HEAT EXCHANGERS

Annotation. In this paper, two types of shell-and-tube and plate heat exchangers in demand are considered. The advantages of argon arc welding in the manufacture of heat exchangers are updated.

Keywords: shell-and-tube heat exchangers, plate heat exchangers, arc welding, argon arc welding.

В настоящее время теплообменные аппараты являются самыми многочисленными среди других аппаратов.

В теплообменниках осуществляется теплообмен между двумя потоками [1...3]. Один из которых нагревается за счет тепла другого одновременно его охлаждая.

Применение теплообменников широкое, например, в химической промышленности, в нефтеперерабатывающей промышленности, в пищевой промышленности и в различных технологических процессах [4...6].

Теплообменник – это устройства, предназначенные для передачи теплоты от одной рабочей среды к другой. Различают различные виды теплообменных аппаратов [7...9]. По способу передачи теплоты

теплообменники бывают рекуперативные, регенеративные, смешительные.

Рассмотрим самые востребованные теплообменники это кожухотрубные и пластинчатые.



Рисунок 1 - Кожухотрубный теплообменник

Кожухотрубный теплообменник аппарат состоит из множества труб, которые зафиксированы в кожухах (рисунок 1). Работает теплообменник благодаря движению горячего и холодного теплоносителей по различным каналам [10-12]. Поэтому между канальными стенками осуществляется процесс теплового обмена. Один из теплоносителей расположен внутри трубки.

Пластинчатый теплообменник — это также является теплообменным аппаратом. Теплообмен от горячего потока к холодной среде осуществляется через пластины. Пластины теплообменника плотно прижаты (рисунок 2).



Рисунок 2 - Пластинчатый теплообменник

Пластинчатый теплообменник имеет меньшие габариты, сварные теплообменники легко промывать, так как они либо полностью разбираются [13...15].

Отметим, что теплообменник – это сложная сварная конструкция, для изготовления которой могут применяться следующие способы сварки: ручная дуговая, механизированная дуговая, автоматическая дуговая сварка, аргонодуговая сварка.

Сварочные работы это резко снижает расходы на металл, сроки изготовления сооружений.

В последние годы для повышения качества сварочных сооружений важным является механизация и автоматизация сварочного производства.

При выполнении сварочных работ с теплообменниками необходимо выполнить некоторые этапы [16...18].

К первому этапу входит очистка металла и обезжиривание. Во втором этапе необходима сборка, которая производится с помощью прихваток трубок. На третьем этапе выполняются сварочные работы в среде инертного газа (аргона).

Для каждой сварочной работы необходимо сварочное оборудование [19...20]. В состав сварочных работ входят: аппарат, газовая горелка, баллон с аргоном, рукава, электроды.

Отметим, что сварочные работы с аргоном позволяют получать качественные различные конструкции [21...23].

Качественные сварные швы – это важнейший фактор для увеличения срока службы оборудования.

Литература

1. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17– № 1(65). – С. 50-55.
2. Особенности конструкции современных зерноуборочных комбайнов фирмы Claas / И. Х. Гайфуллин, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 112-119.
3. Использование препарата "Мефосфон" для выращивания органической хлебобулочной продукции / А. С. Ганиев, З. М. Халиуллина, И. Х. Гайфуллин, А. А. Щелчкова // Биологическая защита растений с использованием геномных технологий: Сборник научных трудов по материалам I Всероссийской научно-практической

конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 126-132.

4. Effect of Mephosphonee on methane generation in organic waste processing / I. Kh. Gaifullin, B. G. Ziganshin, I. N. Safiullin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDPSciences, 2022. – P. 00019. – DOI 10.1051/bioconf/20225200019.

5. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 195-201.

6. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

7. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

8. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

9. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

10. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

11. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.
12. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.
13. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Сеницкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.
14. Медведев, В. М. Математическая модель оценки динамических показателей двигателя МТА при неустановившейся нагрузке / В. М. Медведев, С. А. Сеницкий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2(53). – С. 106-110. – DOI 10.12737/article_5d3e174a791dc8.26723129.
15. Сеницкий, С. А. Определение динамических потерь в двигателе машинно-тракторного агрегата при работе с неустановившейся нагрузкой / С. А. Сеницкий, В. М. Медведев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 34-39.
16. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 130-137.
17. Киселева, Н. Г. Цифровое земледелие в агробизнесе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, В. Л. Киселев // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные

труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 231-237.

18. Ibyatov, R. I. Mathematical modeling of filtering suspensions of non – newtonian behavior in alluvial filters / R. I. Ibyatov, A. N. Zinnatullina, N. G. Kiseleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection, Moscow, 21 апреля 2021 года. – Moscow, 2021. – P. 012035. – DOI 10.1088/1755-1315/808/1/012035.

19. Assessment criteria of competence formation of organizers in the educational process of the agrarian university in the field of using information and communication technology / E. R. Gazizov, A. R. Gazizov, N. G. Kiseleva, A. N. Zinnatullina // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00064. – DOI 10.1051/bioconf/20201700064.

20. Киселева, Н. Г. Технология проблемного обучения в вузе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 122-124.

21. Современные средства и методы дезинфекции сельскохозяйственных помещений и оборудования / Б. Л. Иванов, И. Н. Сафиуллин, А. А. Мустафин, И. И. Кашапов // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 131-136.

22. Газодинамическая теория эжекторной ступени ЖКВН с пульсирующим движением активного потока / М. С. Нурсубин, А. И. Рудаков, И. Р. Нафиков, Б. Л. Иванов // – 2014. – Т. 17, № 4. – С. 121-123.

23. Лушнов, М. А. Автоматизация зерносушильных машин / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 142-145.

© Рахматуллина Р.Г., Зиннатуллина А.Н., 2023

Зиннатуллина Алсу Наилевна
Кандидат технических наук, доцент
zinnatullina-alsu@mail.ru

Шарапова Айгуль Ильнуровна
студент 2 курса Института механизации и технического сервиса
Казанский государственный аграрный университет, Казань

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ В СХОЖИХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Аннотация. Оценивание стоимости сельскохозяйственных зданий для типичных районов Республики Татарстан проводилось с помощью, разработанной множественной линейной регрессионной модели. Выявлена зависимость результативного признака от факторных признаков - от общей площади (m^2) и времени эксплуатации здания (г).

Ключевые слова: линейная регрессия, анализ, коэффициент детерминации.

Alsu N. Zinnanullina
Candidate of technical sciences, Associate Professor
zinnatullina-alsu@mail.ru

Aigul I. Sharapova
Second-year student of Institute of Mechanization and Technical Service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

USE OF MULTIPLE LINEAR REGRESSION TO ESTIMATE THE COST OF AGRICULTURAL BUILDINGS IN SIMILAR REGIONS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract. The estimation of the cost of agricultural buildings for typical districts of the Republic of Tatarstan was carried out using the developed model of multiple linear regression. The dependence of the effective feature on factor features - on the total area (m^2) and the time of operation of the building (g) was revealed.

Keywords: linear regression, analysis, coefficient of determination.

Линейная регрессия является методом анализа обрабатываемых данных, который позволяет выявить ценность (влияние) существенных факторов на результативный признак [1-3].

Множественная линейная регрессионная модель является зависимостью экономического показателя от нескольких факторов. Примером данной модели можно рассмотреть зависимость производительности труда, на которую существенное влияние

оказывают следующие независимые переменные - качество оборудования, уровень подготовки рабочего персонала, а также степень автоматизации технологических процессов [4-6].

Наиболее распространенной и часто используемой моделью множественной регрессии является линейная модель. Данная линейная регрессия показывает зависимость результативного признака Y от факторных признаков X_1, X_2, \dots, X_m [7-9]. Общая модель уравнения множественной линейной регрессии имеет вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon.$$

В случае проведения n наблюдений результат i -го наблюдения примет вид:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_m x_{im} + \varepsilon_i, \quad i=1, 2, \dots, n,$$

где x_{ij} - значение факторного признака X_j ,

$j=1, 2, \dots, m$, в i -м наблюдении;

y_i - соответствующее им значение результативного признака Y ;

ε_i - случайная ошибка измерения.

Изменение на единицу значения данной объясняющей переменной влечет изменение среднего значения результирующей переменной. Коэффициенты $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ при неизвестных показывают влияние каждого фактора на результативный признак Y [10-12].

Матричная форма линейной зависимости имеет вид:

$$y = X\beta + \varepsilon,$$

где

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}, \quad X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}, \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix}, \quad u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{bmatrix}.$$

Более общая формула вычисления оценок коэффициентов множественной линейной регрессии имеет вид [13-15]:

$$\beta = (X^T X)^{-1} X^T y,$$

где X^T - матрица, транспонированная к матрице X , а $(X^T X)^{-1}$ - матрица обратная к матрице $X^T X$. Решая матричное уравнение, находят неизвестные коэффициенты $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$.

Рассмотрим задачу, решение которой будет строится на изложенной выше теории. Примером для рассмотрения построения множественной линейной регрессии возьмем сельскохозяйственное предприятие. С помощью разработанной линейной модели оценим влияние некоторых факторов на стоимость зданий в типичных районах

Республики Татарстан [16-18]. В качестве влияющих факторов на результативный признак были выбраны следующие: X_1 – общая площадь в квадратных метрах, X_2 – время эксплуатации здания в годах. Имеются данные по ряду проданных зданий:

X_1	50	70	80	90	120	120	140	140	170	180	180	180	200	220	240
X_2	2	5	20	10	30	4	15	25	30	5	5	15	20	3	28
Y	2059	1401	663	691	2772	1718	560	1563	2851	1648	1647	640	929	2167	2440

Построенная линейная регрессионную модель имеет вид

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon.$$

Для нахождения оценок коэффициентов регрессии воспользуемся средствами Excel (рисунок 1).

1	ВЫВОД ИТОГОВ								
2									
3	<i>Регрессионная статистика</i>								
4	Множественный R	0,3164							
5	R-квадрат	0,1001							
6	Нормированный R-квадрат	-0,0499							
7	Стандартная ошибка	793,1827							
8	Наблюдения	15,0000							
9									
10	<i>Дисперсионный анализ</i>								
11		df	SS	MS	F	Значимость F			
12	Регрессия	2,0000	839586,6618	419793,3309	0,6673	0,5312			
13	Остаток	12,0000	7549666,2715	629138,8560					
14	Итого	14,0000	8389252,9333						
15									
16		Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
17	Y-пересечение	997,3493	602,4050	1,6556	0,1237	-315,1785	2309,8771	-315,1785	2309,8771
18	Переменная X 1	2,3783	3,8541	0,6171	0,5487	-6,0192	10,7757	-6,0192	10,7757
19	Переменная X 2	16,6091	20,9852	0,7915	0,4440	-29,1137	62,3319	-29,1137	62,3319
20									

Рисунок 1 - Регрессионная модель в MS Excel

Для данной разработанной модели множественный коэффициент детерминации равен 0,3164. Было исследовано 15 наблюдений. Большое значение стандартной ошибки 793,1872 говорит о том, что для более адекватного результата, необходимо добавить число наблюдений.

Вычисленные по разработанной линейной множественной регрессионной модели коэффициенты $\beta_1 = 2,3783$, $\beta_2 = 16,6091$. Данные коэффициенты регрессионной линейной функции статистически незначимы, это подтверждается величинами P-значений коэффициентов (0,5487 и 0,4440 больше уровня значимости $\alpha < 0,05$).

Таким образом, выборочное уравнение множественной линейной регрессии имеет вид [19-22]:

$$y = 997,3493 + 2,3783 \cdot X_1 + 16,6091 \cdot X_2.$$

Далее, находим стоимость здания, например, при $X_1=133,5$, $X_2=6,5$:

$$y = 997,3493 + 2,3783 \cdot 133,5 + 16,6091 \cdot 6,5 = 1422,8115.$$

Разработанная множественная регрессионная линейная модель позволяет вычислить стоимости зданий в типичных районах Республики Татарстан при различных значениях общей площади (m^2) и времени эксплуатации здания (t).

Литература

1. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе/ Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17– № 1(65). – С. 50-55.
2. Метод расчета траектории движения зерна в пневмомеханическом шелушителе/ Ю. Ф. Лачуга, Р. И. Ибяттов, Ю. Х. Шогенов [и др.]// Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 64-67.
3. Особенности конструкции современных зерноуборочных комбайнов фирмы Claas / И. Х. Гайфуллин, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин, Д. Т. Халиуллин// Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 112-119.
4. Effect of Mephosphonee on methane generation in organic waste processing/ I. Kh. Gaifullin, B. G. Ziganshin, I. N. Safiullin [et al.] // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDPSciences, 2022. – P. 00019. – DOI 10.1051/bioconf/20225200019.
5. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 195-201.
6. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
7. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

8. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

9. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

10. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты *emotronfdu*" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

11. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

12. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

13. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

14. Лачуга, Ю.Ф. Моделирование траектории движения зерна по рабочим органам пневмомеханического шелушителя / Лачуга Ю.Ф.,

Ибяттов Р.И., Зиганшин Б.Г. [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 4. – С. 73-76.

15. Ibyatov, R. I. Mathematical modeling of filtering suspensions of non – newtonian behavior in alluvial filters / R. I. Ibyatov, A. N. Zinnatullina, N. G. Kiseleva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection, Moscow, 21 апреля 2021 года. – Moscow, 2021. – P. 012035. – DOI 10.1088/1755-1315/808/1/012035.

16. Assessment criteria of competence formation of organizers in the educational process of the agrarian university in the field of using information and communication technology / E. R. Gazizov, A. R. Gazizov, N. G. Kiseleva, A. N. Zinnatullina // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00064. – DOI 10.1051/bioconf/20201700064.

17. Киселева, Н. Г. Технология проблемного обучения в вузе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 122-124.

18. Киселева, Н. Г. Дистанционное обучение и его формы / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 120-122.

19. Киселева, Н. Г. Теоретическое и практическое мышление / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 158-160.

20. Киселева, Н. Г. Научно-исследовательская работа студентов / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, Е. Р. Газизов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 196-199.

21. Numerical modeling of the effect of energy-separation in the ranque-hilsch tube / B. Ivanov, B. Ziganshin, A. Dmitriev [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and

Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00109.

22. Droplet size of virocidic disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.

23. Клычова, Г. С. Методические подходы к формированию политики финансового управления дебиторской задолженностью / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, З. З. Хамидуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 1(52). – С. 126-131. – DOI 10.12737/article_5ccedf74305b80.69036555. – EDN PIVQFQ.

© *Зиннатуллина А.Н., Шарапова А.И., 2023*

Зиннатуллина Алсу Наилевна

Кандидат технических наук, доцент

zinnatullina-alsu@mail.ru

Носиров Динар Викторович

Студент 2 курса Института механизации и технического сервиса

Казанский государственный аграрный

университет, Казань

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Аннотация. Использованы корреляционные модели для анализа производительности землеройных машин. Для данного анализа рассчитан коэффициент корреляции, найдены точечные оценки коэффициента корреляции между признаками, а также проверена значимость данного коэффициента.

Ключевые слова: коэффициент корреляции, модель, точечная оценка, регрессия, гипотеза, интервальная оценка, распределение Стьюдента.

Alsu N. Zinnanullina

Candidate of technical sciences, Associate Professor

zinnatullina-alsu@mail.ru

Dinar V. Nosirov

Second-year student of Institute of Mechanization and Technical Service

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

USING A TWO-DIMENSIONAL CORRELATION MODEL TO ANALYZE THE PERFORMANCE OF EARTH-MOVING MACHINES

Abstract. Correlation models were used to analyze the productivity of earthmoving machines. For this analysis, the correlation coefficient was calculated, point estimates of the correlation coefficient between the features were found, and the significance of this coefficient was verified.

Keywords: correlation coefficient, model, point estimation, regression, hypothesis, interval estimation, student distributions.

При исследовании взаимосвязей между признаками встречаются функциональные и корреляционные связи [1...3]. Если между изучаемыми величинами существует однозначное соответствие, то есть каждому значению одного признака соответствует одно определенное значение другого признака, то такого вида взаимосвязи называются функциональные [4...6]. В функциональных связях изменение величин происходит во времени, и встречаются не совсем часто. Наиболее распространены взаимосвязи, у которых при

изменении одного значения переменной изменяется среднее значение другой [7...9]. Из-за того, что в такого рода связях происходит соответствие одному значению аргумента (x) несколько значений переменной (y), то при изменении переменной (x), изменяется среднее значение переменной (y).

На рисунке 1 представлены виды взаимосвязей.



Рисунок 1 – Виды взаимосвязей

На рисунке 2 представлено графическое представление взаимосвязей.

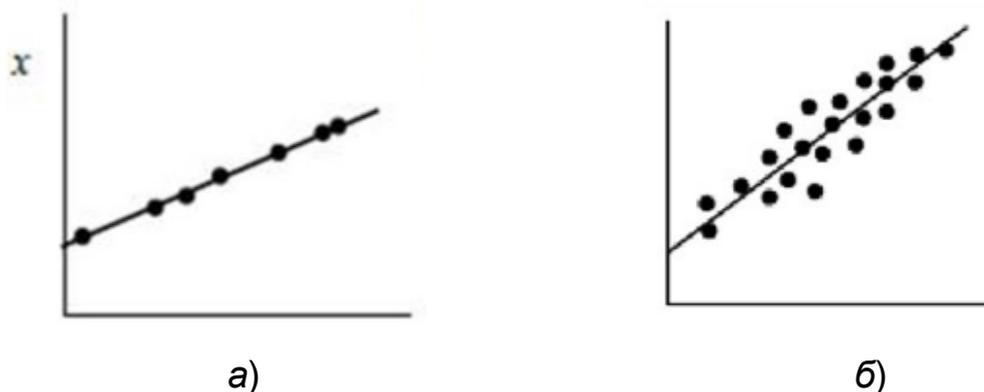


Рисунок 2 – Графическое представление взаимосвязей: а) функциональная, б) корреляционная

В задачах исследования часто встречаются случаи, когда необходимо установить вид взаимосвязи, форму данной зависимости, вычислить коэффициент корреляции, проверить его на значимость и найти коэффициенты регрессии $r_{\frac{\sigma_y}{\sigma_x}}$ и $r_{\frac{\sigma_x}{\sigma_y}}$. Далее рассчитывают точечные оценки r_e , $r_e \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$, $r_e \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$, затем проверяют значимы коэффициенты регрессии или нет [10...12]. Делается предположение, что $r=0$. Это предположение называют нулевой гипотезой и записывают $H_0: r = 0$.

В случае, если нулевая гипотеза H_0 верна в том, что коэффициент корреляции равен нулю, то статистика $t = \frac{r_B}{\sqrt{1-r_B^2}} \cdot \sqrt{n-2}$ имеет распределение Стьюдента с $v = n - 2$ числом степеней свободы. Далее находят по таблице распределения Стьюдента значения

статистики $t_{\text{табл}}(\alpha; v = n - 2)$. Для разных значений уровней значимостей соответствуют разные значения статистики $t_{\text{набл}}$.

Параметры $r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ и $r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$ считаются значимыми, если нулевая гипотеза H_0 отвергается. Для двумерной корреляционной модели находят интервальные оценки. Для того, чтобы найти интервальные оценки, необходимо знать закон распределения выборочных оценок параметров. Для плотности вероятности $r_{\text{в}}$ используют специально подобранные функции [13...15]. Обычно такими функциями являются нормальный закон распределения или закон распределения Стьюдента.

При нахождении доверительного интервала для r чаще всего используют преобразование Фишера: $z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{\text{в}}}{1-r_{\text{в}}}$. Данная статистика при $n > 10$ считается распределенной нормально с параметром

$$M(z) = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{\text{в}}}{1-r_{\text{в}}} + \frac{r}{2(n-1)}.$$

По таблице z-преобразования Фишера для $r_{\text{в}}$ получают соответствующее ему $z_{r_{\text{в}}}$ и находят интервальную оценку для $M(z)$ из условия: $P\left(z_{r_{\text{в}}} - t_{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{n-3}} \leq M(z) \leq z_{r_{\text{в}}} + t_{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{n-3}}\right) = \gamma = \Phi(t)$, где t_{γ} определяют по таблице для $\Phi(t)$ для данного $\gamma = 1 - \alpha$. Учитывая, что функция z-нечетная функция, находят границы интервальной оценки r_{min} и r_{max} .

Для значимых коэффициентов $r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ и $r \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$ с надежностью $\gamma = 1 - \alpha$ находят интервальные оценки из условия, что статистики

$$t = \left(r_{\text{в}} \frac{S_y}{S_x} - r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \right) \cdot \frac{S_x \cdot \sqrt{n-2}}{S_y \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}, t = \left(r_{\text{в}} \frac{S_x}{S_y} - r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \right) \cdot \frac{S_y \cdot \sqrt{n-2}}{S_x \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}$$

имеют распределение Стьюдента с $v = n - 2$ степенями свободы и, следовательно, из условия $P(|t| \leq t_{\alpha}) = \gamma$ можно рассчитать интервальные оценки:

$$r_{\text{в}} \frac{S_y}{S_x} - t_{\alpha} \frac{S_y \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}{S_x \sqrt{n-2}} \leq r \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \leq r_{\text{в}} \frac{S_y}{S_x} + t_{\alpha} \frac{S_y \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}{S_x \sqrt{n-2}}$$

$$r_{\text{в}} \frac{S_{yx}}{S_y} - t_{\alpha} \frac{S_x \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}{S_y \sqrt{n-2}} \leq r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \leq r_{\text{в}} \frac{S_x}{S_y} + t_{\alpha} \frac{S_x \sqrt{1-r_{\text{в}}^2}}{S_y \sqrt{n-2}},$$

где t_{α} определяется по таблице Стьюдента для данного $\alpha = 1 - \gamma$ и $v = n - 2$.

Рассмотрим двумерную корреляционную модель на примере взаимосвязи между производительностью землеройных машин и соответствующих затрат на горюче-смазочные средства и амортизацию производства за месяц работы техники [16...18].

Для исследования взяты данные производительности шести различных типов землеройных машин (в условных единицах) и соответствующих затрат на горюче-смазочные средства и амортизацию производства (в условных единицах) за месяц работы техники, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные производительности и соответствующие им затраты

Производительность (X)	5	4	3	20	10	15
Затраты (Y)	7	10	12	2	5	4

Требуется найти точечную оценку коэффициента корреляции между X и Y. При уровне значимости $\alpha = 0,05$ найти интервальную оценку коэффициента корреляции.

Для решения данной задачи были использованы электронные таблицы программы Microsoft Excel.

В таблице 2 представлены команды, которые были использованы при решении данной задачи.

Таблица 2 – Команды, используемые в электронных таблицах

Коэффициент корреляции	=КОРРЕЛ(T17:T22;U17:U22)
Расчетное значение t-критерия t_p	=ABS(U23)/КОРЕНЬ(1-СТЕПЕНЬ(U23;2))*КОРЕНЬ(СЧЁТЗ(S17:S22)-2)
Табличное значение t-критерия t_{th}	=СТЮДРАСПОБР(0,05; СЧЁТЗ(S17:S22)-2)
Табличное значение стандартного нормального распределения z_y	=НОРМСТОБР((0,95+1)/2)
Значение преобразования Фишера z'	=ФИШЕР(U23)
Левая интервальная оценка для z	=U27-U26*КОРЕНЬ(1/(6-3))
Правая интервальная оценка для z	=U27+U26*КОРЕНЬ(1/(6-3))
Левая интервальная оценка для r_{xy}	=ФИШЕРОБР(U28)
Правая интервальная оценка для r_{xy}	=ФИШЕРОБР(U29)
Стандартное отклонение для r_{xy}	=КОРЕНЬ((1-U23^2)/4)

В таблице 3 представлено решение, которое было получено с помощью электронных таблиц данной программы.

Таблица 3 – Результаты, полученные при решении задачи

Коэффициент корреляции	-0,21650635
Расчетное значение t -критерия t_p	0,443532763
Табличное значение t -критерия t_{rn}	2,776445105
Табличное значение стандартного нормального распределения z_y	1,959963985
Значение преобразования Фишера z'	-0,219987713
Левая интервальная оценка для z	-1,351573448
Правая интервальная оценка для z	0,911598021
Левая интервальная оценка для r_{xy}	-0,87442416
Правая интервальная оценка для r_{xy}	0,72189837
Стандартное отклонение для r_{xy}	0,488140605

Из таблицы 3 видно, что между данными исследуемыми признаками существует отрицательная слабая связь ($r = - 0,2166$). Интервальная оценка для коэффициента корреляции имеет вид [19-21]: (-0,87442416; 0,72189837).

Вывод. Исследование взаимосвязи между производительностью землеройных машин и соответствующих затрат на горюче-смазочные средства и амортизацию производства за месяц работы техники проведено двумерным корреляционным анализом, которое показало, что между данными исследуемыми признаками существует отрицательная слабая связь.

Литература

1. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т.17 – № 1(65). – С. 50-55.
2. Метод расчета траектории движения зерна в пневмомеханическом шелушителе / Ю. Ф. Лачуга, Р. И. Ибяттов, Ю. Х. Шогенов [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 64-67.
3. Лачуга, Ю.Ф. Моделирование траектории движения зерна по рабочим органам пневмомеханического шелушителя / Лачуга Ю.Ф., Ибяттов Р.И., Зиганшин Б.Г. [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2020. – № 4. – С. 73-76.
4. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, А. И. Рудаков, Ю. Х. Шогенов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н.,

профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 195-201.

5. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

6. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

7. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

8. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.

9. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.

10. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.

11. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019) : International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation,

Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

12. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Синицкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

13. Киселева, Н. Г. Теоретическое и практическое мышление / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 158-160.

14. Киселева, Н. Г. Научно-исследовательская работа студентов / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, Е. Р. Газизов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 196-199.

15. Киселева, Н. Г. Особенности обучения иностранных учащихся на предвузовском этапе / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 419-424.

16. Киселева, Н. Г. Роль и место производственной практики в формировании студентов / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина, Е. Р. Газизов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 202-205.

17. Зиннатуллина, А. Н. Экономико-математическое моделирование в управлении АПК / А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Проблемы

развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 130-137.

18. Рахматуллина, Р. Г. О процессах релаксации электропроводности в полимерных диэлектриках / Р. Г. Рахматуллина, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Проблемы строительного комплекса России: Материалы XXV Всероссийской научно-технической конференции, Уфа, 31 марта 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 405-406.

19. Рахматуллина, Р. Г. Метод диэлектрической релаксации в полимерных материалах / Р. Г. Рахматуллина, Л. А. Рябишина // Современные достижения аграрной науки : научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, академика АИ РТ, трижды Лауреата Государственных и Правительственной премии в области науки и техники, Заслуженного деятеля науки РФ, Заслуженного работника сельского хозяйства РТ Мазитова Назиба Каюмовича, Казань, 02 ноября 2020 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 285-290.

20. Рахматуллина, Р. Г. Исследование релаксационных процессов электрической поляризации в полимерных диэлектриках / Р. Г. Рахматуллина, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Проблемы строительного комплекса России: Материалы XXV Всероссийской научно-технической конференции, Уфа, 31 марта 2021 года. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2021. – С. 402-404.

21. Синицкий, С. А. Влияние динамических факторов на показатели двигателя МТА при неустановившейся нагрузке / С. А. Синицкий, В. М. Медведев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4(274). – С. 16-19. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-16-18.

22. Клычова, Г. С. Методические подходы к формированию политики финансового управления дебиторской задолженностью / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, З. З. Хамидуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 1(52). – С. 126-131. – DOI 10.12737/article_5ccedf74305b80.69036555. – EDN PIVQFQ.

© Зиннатуллина А.Н., Носиров Д.В., 2023

Зиннатуллина Алсу Наилевна

*Кандидат технических наук, доцент
zinnatullina-alsu@mail.ru*

Миннегалиев Алмаз Нафисович

*Студент 1 курса Института механизации и технического сервиса
Казанский государственный аграрный
университет, Казань*

ОПТИМИЗАЦИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. В данной научной статье рассматривается проблема оптимизации процессов машиностроительного производства. В современных условиях, когда требования к эффективности и качеству производства становятся все более высокими, оптимизация производственных процессов становится необходимостью. В статье рассматриваются существующие методы и подходы к оптимизации машиностроительного производства.

Ключевые слова: оптимизация, процессы, машиностроение, производство.

OPTIMISATION OF MACHINE BUILDING PRODUCTION

Alsu N. Zinnanullina

*Candidate of technical sciences, Associate Professor
zinnatullina-alsu@mail.ru*

Almaz N. Minnegaliev

*First-year student of Institute of Mechanization and Technical Service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia*

Abstract. This research paper deals with the problem of process optimisation in machine building production. In modern conditions, when the requirements for efficiency and quality of production are becoming increasingly high, the optimization of production processes becomes a necessity. The paper considers existing methods and approaches to optimise machine building production.

Keywords: optimisation, processes, engineering, production.

Оптимизация машиностроительного производства - это процесс поиска и внедрения наилучших методов, подходов и решений для достижения максимальной эффективности и эффективности производства в машиностроительной отрасли [1-3].

Цель оптимизации машиностроительного производства состоит в минимизации издержек, сокращении времени цикла производства, повышении качества продукции и улучшении общей производительности предприятия [4-6]. Путем оптимизации

производства достигается максимальное использование ресурсов, таких как трудовые, материальные, технические и временные.

Оптимизация машиностроительного производства включает в себя анализ и улучшение различных аспектов производственных процессов, таких как планирование производства, управление запасами, организация рабочих мест, оптимизация производственного потока, улучшение качества и контроля продукции, автоматизация и использование современных технологий [7-9].

Оптимизация машиностроительного производства также может включать оптимизацию логистических цепей, поставщиков и снабжения, чтобы обеспечить эффективность и своевременную поставку необходимых материалов и компонентов.

Актуальность проблемы оптимизации машиностроительного производства обусловлена несколькими факторами: повышение конкурентоспособности; требования к качеству и надежности; снижение затрат; быстрое время реагирования на изменения рынка; технологический прогресс [10-12].

Методы оптимизации производства можно разделить на традиционные и современные. К традиционным относятся: процессный подход, метод сокращения времени цикла производства, метод снижения затрат. К современным методам относятся: применение искусственного интеллекта, использование алгоритмов оптимизации, цифровая трансформация.

Процессный подход представляет собой системное видение организации, где все бизнес-операции и функции представлены в виде процессов [13-15]. Процесс — это набор последовательных или параллельных шагов, которые преобразуют входные данные (ресурсы, информацию) в выходные результаты (продукты, услуги). Процессный подход позволяет предприятиям эффективно управлять своей деятельностью, оптимизировать процессы, повышать качество продукции и услуг, сокращать издержки и улучшать удовлетворенность своих клиентов.

Методы сокращения времени цикла производства представляют собой набор подходов и стратегий, направленных на уменьшение общего времени, затрачиваемого на выполнение процессов производства [16-18]. Целью этих методов является улучшение производительности, повышение эффективности и реакции на требования рынка.

Методы снижения затрат — это стратегии и подходы, применяемые для оптимизации расходов и уменьшения издержек в бизнесе или в производственном процессе. Целью этих методов является повышение эффективности использования ресурсов, улучшение финансовых показателей и повышение конкурентоспособности организации.

Использование алгоритмов оптимизации представляет собой применение математических и вычислительных методов для нахождения наилучшего решения задачи оптимизации. Целью оптимизации является максимизация или минимизация определенной целевой функции при соблюдении ограничений.

Алгоритмы оптимизации могут быть применены в различных областях, включая производство, логистику, финансы, науку и технику. Они позволяют находить оптимальные решения для сложных проблем, где требуется учесть множество переменных и условий.

В процессе использования алгоритмов оптимизации, задача формулируется с использованием математических моделей, которые описывают связи между переменными и целевой функцией [19-21]. Затем применяются алгоритмы оптимизации, которые осуществляют поиск оптимального решения, учитывая заданные ограничения и целевую функцию.

Некоторые из распространенных алгоритмов оптимизации включают:

1. Методы линейного программирования.
2. Методы градиентного спуска, используемые в задачах оптимизации функций.
3. Методы динамического программирования, применяемые в задачах с определенной структурой.
4. Методы симуляции отжига, имитирующие процесс отжига металла.
5. Методы роевого интеллекта, основанные на коллективном поведении.

Оптимизация машиностроительного производства является актуальной проблемой, и применение различных методов оптимизации, включая использование цифровых технологий и алгоритмов оптимизации, имеет большой потенциал для достижения улучшенных результатов в этой отрасли [22-23]. Примеры успешной реализации оптимизации в машиностроительном производстве подтверждают эффективность и значимость оптимизации производственных процессов.

Состав математической модели для проведения оптимизации.

Для решения задачи оптимизации технологического процесса, технологической системы необходима соответствующая математическая модель, которая должна включать в себя следующие элементы:

- 1) критерий (критерии) оптимизации;
- 2) целевую функцию;
- 3) систему ограничений;
- 4) входные, выходные и внутренние параметры;

5) управляемый (варьируемый) параметр или управляемые (варьируемые) параметры, которые выделяются из числа внутренних параметров.

Следует четко различать понятия «критерий оптимизации» и «целевая функция». Целевая функция – это аналитическая зависимость критерия (критериев) оптимизации и подлежащих оптимизации параметров с указанием направления экстремума (максимума или минимума). То есть целевая функция всегда имеет направление экстремума и может включать в себя один, два и более критериев.

Составляя систему ограничений для решения конкретной задачи оптимизации, необходимо выбирать только те из них, которые включают искомый параметр (искомые параметры). При формировании области допустимых решений (ОДР) должны выполняться все ограничения, включенные в систему.

Входные параметры – это независимые переменные и факторы окружающей среды, т.е. это параметры, которые не могут меняться проектировщиком по ходу решения задачи оптимизации.

Внутренние параметры – это переменные, характеризующие внутренние состояния процесса, системы.

Управляемые (варьируемые) параметры – это факторы решения, т.е. переменные, варьируя которыми можно достичь поставленной цели при решении задачи оптимизации [24-25].

Выходные параметры – это зависимые переменные, характеризующие внешнее состояние процесса, системы и определяемые в результате решения задачи оптимизации.

Определение оптимального количества изделий при ограниченных запасах сырья.

Из n видов сырья производится m различных типов изделий. Стоимость реализации изготовленного изделия i - го типа составляет C_i , $i = \overline{1, m}$. Запас сырья j - го вида на планируемый период равен z_j , $j = \overline{1, n}$. Потребность в сырье i - го типа составляет p_{ij} . Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 2.

Таблица 2. Общий вид исходных данных для решения задачи об ограниченных запасах сырья

Тип изделия	Вид и количество сырья				Стоимость изделия
	1	2	...	n	
1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1n}	c_1
2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2n}	c_2
...
m	p_{m1}	p_{m2}	...	p_{mn}	c_m
Запас сырья	z_1	z_2	...	z_n	

Для каждого типа изделия $i = 1, 2, \dots, m$ требуется определить такой объем производства x_i , чтобы обеспечить максимальную стоимость реализации изготовленного изделия при условии, что не будут превышены запасы имеющегося сырья.

Ограничения по запасам сырья имеют вид

$$\sum_{i=1}^m p_{ij}x_i \leq z_j, j = 1, n.$$

Задача заключается в том, чтобы определить оптимальные значения параметров (переменных) x_1, x_2, \dots, x_m , обращающих в максимум стоимость изделий, т.е. целевую функцию

$$y = \sum_{i=1}^m c_i x_i \rightarrow \max$$

при ограничениях по запасам сырья и дополнительных условиях $x_i \geq 0, i = \overline{1, m}$.

Задача решается методом линейного программирования, суть которого рассмотрим на примере решения задачи по объемному планированию работы механического участка по максимальной загрузке оборудования.

Требуется определить оптимальные размеры x_1 и x_2 партий деталей D_1 и D_2 , обрабатываемых на механическом участке, которые обеспечивают максимальную суммарную загрузку оборудования.

Исходные данные для решения задачи представлены в таблице 3.

Таблица 3. Исходные данные (входные параметры)

Вид оборудования	Трудоемкость обработки, ч, деталей вида D_1	Трудоемкость обработки, ч, деталей вида D_2	Фонд времени оборудования, ч
Токарные станки	0,1	0,5	200
Фрезерные станки	0,2	0,4	180
Сверлильные станки	0,3	0,2	150

Система ограничений для данного примера выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} 0,1x_1 + 0,5x_2 &\leq 200, \\ 0,2x_1 + 0,4x_2 &\leq 180, \\ 0,3x_1 + 0,2x_2 &\leq 150, \\ x_1 &\geq 0, \\ x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

Критерий оптимальности представляет собой суммарное время работы (суммарную загрузку) оборудования участка:

$$F = 0,1x_1 + 0,5x_2 + 0,2x_1 + 0,4x_2 + 0,3x_1 + 0,2x_2 = 0,6x_1 + 1,1x_2.$$

Целевая функция $F = 0,6x_1 + 1,1x_2 \rightarrow \max$.

Данная задача является двухпараметрической, поэтому возможно ее графическое представление на плоскости. Сначала на первом этапе определяется (строится) область допустимых решений (рисунок 1). Для рассматриваемого примера ОДР – это многогранник $ABCDE$, включая его границы. Стороны многогранника образованы прямыми, соответствующими ограничениям системы.

На втором этапе для нахождения $x_{1\text{опт}}$ и $x_{2\text{опт}}$ строится сначала произвольная (в данном масштабе) прямая для F . В частности, на рисунке 1 построена такая прямая для $F = 600$ ч.

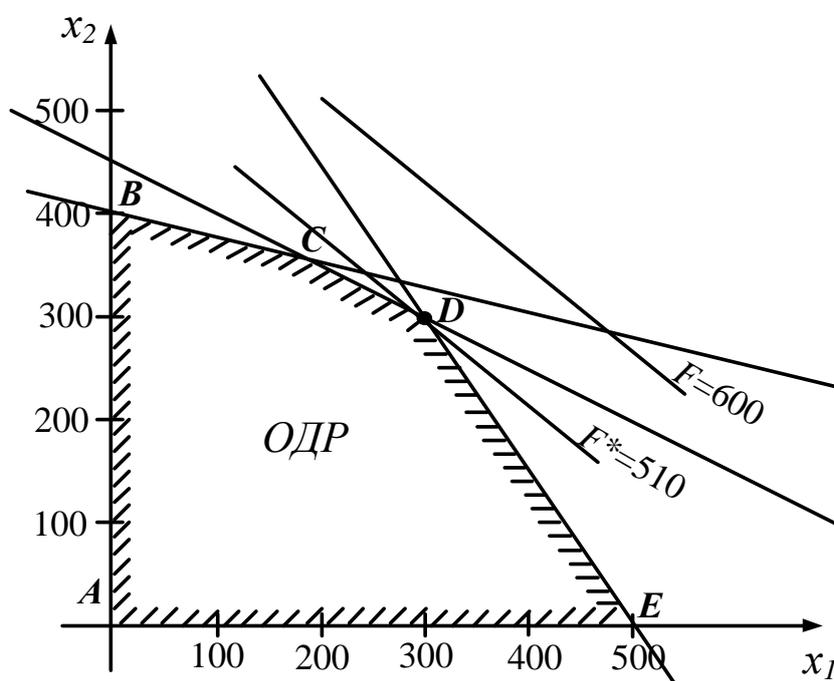


Рисунок 1 - Определение оптимальных размеров партий деталей методом линейного программирования

Затем строится прямая, параллельная данной, которая касается границы ОДР (не пересекает ее!). Для рассматриваемого примера эта прямая касается границы ОДР в точке D , которая и соответствует оптимальным значениям x_1 и x_2 . В данном случае $x_{1\text{опт}} = 300$ шт., $x_{2\text{опт}} = 300$ шт. Соответствующая этим значениям максимальная величина критерия $F^* = 510$ ч.

Вывод. Проблема оптимизации процессов машиностроительного производства является актуальной. Требования к эффективности и качеству производства высокие. Использование алгоритмов оптимизации позволяют решить задачи нахождение наилучшего результата.

Литература

1. Валиев, А. А. Информационные технологии в обработке и визуализации данных / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 193-195.
2. Ибяттов, Р. И. Применение метода главных компонент для уменьшения размерности многомерных данных / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 21-23.
3. Частотные и температурные зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла потерь некоторых нематических жидких кристаллов / Р. Г. Рахматуллина, В. С. Горелов, В. А. Тимофеев [и др.] // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. – № 3. – С. 207-222.
4. Ибяттов, Р. И. Уменьшение размерности таксационных показателей древостоев сосны методом главных компонент / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 110-114.
5. Киселева, Н. Г. Применение метода главных компонент к таксационным показателям древостоев / Н. Г. Киселева, Р. И. Ибяттов, С. А. Валиев // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 211-215.
6. Закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья / В. Л. Черных, А. А. Домрачев, А. С. Елсуков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 1(319). – С. 20-28.
7. Ибяттов, Р. И. Моделирование таксационных показателей древостоев в среде офисных программ / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 2(40). – С. 68-71.
8. Ибяттов, Р. И. О моделировании случайных процессов в агропромышленном комплексе / Р. И. Ибяттов, Б. Г. Зиганшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17 – № 1(65). – С. 50-55.

9. Метод расчета траектории движения зерна в пневмомеханическом шелушителе / Ю. Ф. Лачуга, Р. И. Ибятков, Ю. Х. Шогенов [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 64-67.
10. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
11. АСМ - исследования деформированного эластомера / Р. Г. Рахматуллина, Г. К. Аминова, З. Х. Куватов [и др.] // Нефтегазовое дело. – 2014. – Т. 12. – № 2. – С. 140-146.
12. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
13. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.
14. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.
15. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.
16. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.
17. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного

- агрегата / В. М. Медведев, С. А. Сеницкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.
18. Киселева, Н. Г. Формирование и развитие профессиональных компетенций как фактор повышения качества молодого специалиста / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современные тенденции формирования кадрового потенциала агропромышленного комплекса: в условиях научно-технологических вызовов и устойчивого развития сельских территорий: Материалы I Международной научно-практической конференции, Казань, 16–17 февраля 2017 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 84-89.
19. Зиннатуллина, А. Н. Исследование миграции загрязняющих веществ под гидросооружением при моделировании различных источников / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 23. – С. 29-31.
20. Особенности подготовки организаторов учебного процесса аграрного университета к использованию средств ИКТ в профессиональной деятельности / Е. Р. Газизов, А. Р. Газизов, А. Н. Зиннатуллина, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 673-680.
21. Повышение эффективности машинно-тракторного агрегата за счет перевода его энергетических установок на газодизельную систему подачи топлива / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, З. М. Халиуллина, А. В. Матяшин // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 1(67). – С. 69-74.
22. Современные автоматизированные и роботизированные машины для междурядной обработки почвы / А. Р. Валиев, Н. А. Васьков, Р. Ф. Сабиров, В. М. Медведев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4(274). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-2-7.
23. Равновесные размеры сегментов в нанокристаллах синдиотактического 1,2-полибутадиена / А. Н. Чувывров, А. Р. Хамидуллин, Ю. А. Лебедев [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2012. – Т. 19. – № 3. – С. 25-28.
24. Графический анализ влияния факторов на урожайность яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г.

Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 101-107.

25. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

© Зиннатуллина А.Н., Миннегалиев А.Н., 2023

Киселева Наталья Геннадьевна
Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
tng1975@mail.ru

Савельев Максим Вячеславович
Студент 1 курса Института механизации и технического
сервиса
Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ

Аннотация. Мобильные роботы имеют возможность совершать движения в разные стороны и выполнять различные задачи, будь то автоматически или под управлением. Они могут быть оборудованы колесами, гусеницами или ногами для передвижения по разным видам поверхностей. В различных отраслях, таких как промышленность, медицина, образование, космическая индустрия и другие. Мобильные роботы используются для выполнения разных задач - поиска и спасения, перевозки грузов, уборки помещений и классов.

Ключевые слова: мобильные роботы, искусственный интеллект, программа, ручной труд, автономная навигация.

Natalia G. Kiseleva
Candidate of agricultural sciences, Associate Professor
tng1975@mail.ru

Maxim V. Saveliev
first-year student of Institute of Mechanization and Technical Service
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

MOBILE ROBOTS

Abstract. Mobile robots have the ability to move in different directions and perform various tasks, whether automatically or under control. They can be equipped with wheels, tracks or legs to move on different types of surfaces. In various industries, such as industry, medicine, education, space industry and others. Mobile robots are used to perform various tasks - search and rescue, cargo transportation, cleaning of rooms and classrooms.

Keywords: mobile robots, artificial intelligence, software, manual labor, autonomous navigation.

Мобильный робот — это самостоятельная техническая система, которая может перемещаться в окружающем пространстве. Она обладает интеллектуальными способностями и может выполнять задачи, закодированные в ее системе знаний [1...3]. В зависимости от заданной программы, мобильный робот может быть управляемым

оператором или действовать автономно. Он может двигаться строго по заданному маршруту или самостоятельно определять свою траекторию перемещения. Преимущество мобильных роботов заключается в том, что они независимы от места и могут быть использованы во всех отраслях промышленности и повседневной жизни.

Разработка робототехники началась в первой половине XX века, и информационные технологии достигли высокого уровня развития [4...6].

1. 1939-1945, во время проходящей Второй мировой войны были созданы бомбы с автопилотом, которые затем послужили прототипами для крылатых ракет.

2. 1948-1949, первый искусственный интеллект появился в виде двух автономных робомеханизмов Elmer и Elsie, обладавших простой конструкцией и способностью проявлять сложное поведение.

3. 1961-1963, в частном исследовательском университете США был создан псевдоинтеллектуальный робот "Животное", который в своем поведении приближался к действиям одноклеточных микроорганизмов.

4. 1966-1972, в настоящее время прогрессивно продвигается проект Shakey the Robot - робота со встроенным искусственным интеллектом, который способен анализировать информацию и принимать собственные решения о действиях.

5. 17.11.1970, впервые в мировой истории был запущен на поверхность Луны автономный исследовательский робот "Луноход-1", созданный советским инженером-конструктором Георгием Бабакиным.

6. 1980-е, заявлена разработка домашних робототехнических устройств для удовлетворения развлекательных и образовательных потребностей; введение в обращение автомобилей с функцией автопилота и аналогичных видов транспорта; многозадачное создание робототехнических систем с автономным управлением по командам речи, сигналам электроэнцефалограммы и электроокулограммы; наступление эпохи осознания средой роботов типа BEAM.

7. 1990-е, медицинские мобильные роботы, разработанные при участии Министерства обороны США, теперь доступны для продажи; лаборатория LAMI-EPFL (Франция) сообщает об исследовательском механизме автономной работы. Автопилотные автомобили вышли на дороги общего пользования. На планете Марс успешно высадился и начал работу марсоход Pathfinder. Sony представляет робота-собаку Aibo, обладающего визуальным восприятием и возможностью взаимодействия с окружающей средой.

8. Первое десятилетие XXI века: была создана мини-ботов колония, способная интерактировать друг с другом с использованием принципов коллективного поведения социальных насекомых, таких как пчелы и муравьи. Бытовые роботы-пылесосы стали доступны по более приемлемым расценкам. Продолжается разработка и

усовершенствование широкой линейки военных мобильных роботов, включая человекоподобных, которые способны бегать, прыгать и масштабировать лестничные пути. Больницы внедряют инновационные интеллектуальные системы хранения, которые могут перемещаться и классифицировать лекарства и лабораторные пробы [10...12]. Автоматические сервисные роботы становятся все более распространенными.

9. Второе десятилетие XXI века: всюду распространены беспилотные роботы с автономной навигацией, которые обладают возможностью принимать решения самостоятельно. Роботизированные устройства, которые могут работать в экстремальных условиях, такие как ARGOS Challenge, появились для обслуживания морских нефтегазовых платформ.

10. Ожидаются к выходу на широкий рынок: квадрокоптеры AEROWORKS, контролирующие работу в производствах, а также автоматические уборочные машины FLOBOT, предназначенные для использования на промышленных площадках, и медицинские роботы-сиделки для ухода за тяжелобольными, а также хирургические роботы EurEyeCase, специализирующиеся на высокоточных операциях на сетчатке глаза - все эти роботы созданы для выполнения специфических задач.

Классификация робототехники определяется автономностью устройств и их возможностью взаимодействовать с окружающей средой. Кроме того, мобильные роботы классифицируются по трем основным характеристикам [13...15].

1) Существуют три типа наземных роботов: колесные, гусеничные и шагающие. Наиболее интересны среди них шагающие роботы.

2) К воздушным роботам относятся компактные дроны и вертолеты большой грузоподъемности, которые управляются автопилотом.

3) Среди роботов также существуют подводные автономные батискафы, которые используются для исследований или военных задач, а на надводных объектах могут использоваться катера с автономным управлением или управляемые по радио.

По устройству передвижения:

1. Колёсные.
2. Шагающие и прыгающие, отличаются числом конечностей.
3. Летающие.
4. Плавающие.
5. Лазающие.
6. Зооморфные или биомиметические.

Этот список включает специализированные виды транспорта, такие как воздушные или электромагнитные подушки с приводами на вакуумных присосках или липучках, а также другие виды, которые не относятся к первым шести [16...18]. Помимо этого, существуют

гибридные локо-моционные системы, которые сочетают два или несколько различных способов передвижения.

Для определения маршрута, анализа ситуации и ориентации робота в пространстве используются три навигационные схемы:

1. Одна из навигационных схем - глобальная, при использовании которой мехатроник перемещается вдоль длинного маршрута, определяя его абсолютные координаты.

2. Другая навигационная схема - локальная, в которой отсчет координат начинается от стартовой точки.

3. Третья навигационная схема - персональная, использует взаимодействие с близлежащими объектами для позиционирования робота и его механизмов.

Современные ARM имеют множество областей применения, в то время как наиболее перспективные отрасли, следующие [19...21]:

1. В сфере производства на промышленных предприятиях функции погрузки, перемещения и доставки сырья, материалов и готовой продукции возлагаются на транспортных роботов, таких как погрузчики или тягачи. В медицинской сфере коллаборационные механизмы заняты развозкой пищи, сбором белья и оказанием помощи пациентам.

2. При выполнении военных миссий, которые могут быть опасными для жизни людей, мобильные роботы могут использоваться для достижения труднодоступных мест, включая зоны обстрела и места с разминированием.

3. В рамках исследовательских работ, мехатроники могут достигать мест, недоступных для человека, например, брать пробы вулканической магмы, исследовать дно глубоководных впадин или проникать в разреженные слои воздуха. Также в эту категорию входят космические кибернетки.

4. В бытовой сфере роботы-помощники могут использоваться для выполнения работ, связанных с уборкой дома и уходом за дворовой территорией, а роботизированные игрушки обучают и развлекают детей. Также, промышленные роботы могут использоваться в сфере услуг и торговли.

5. В автомобильной сфере происходит постепенное внедрение беспилотных транспортных средств в дорожную сеть.

Вывод. Совершенствование и разработка новых AMR позволяют их использование в новых областях. Мобильные роботы независимы от места и могут быть использованы во всех отраслях промышленности и повседневной жизни.

Литература

1. Calculation of making doses of fertilizers under planned yield of spring wheat using an artificial neural network / A. A. Valiev, R. I. Ibyatov, S. V. Novikova, N. G. Kiseleva // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology,

Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020.

2. Yarkhamova, A. A. Principles of Computer animation / A. A. Yarkhamova, V. V. Koroleva, V. L. Kiselev // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Института экономики Казанского ГАУ, Казань, 26–28 мая 2021 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – P. 277-282.

3. Валиев, А. А. Информационные технологии в обработке и визуализации данных / А. А. Валиев, Р. И. Ибятков, Н. Г. Киселева // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 193-195.

4. Киселев, В. Л. Компьютерная анимация / В. Л. Киселев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 79-ой студенческой (региональной) национальной научной конференции, Казань, 09–10 февраля 2021 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 328-332.

5. Киселева, Н. Г. Современные информационные технологии как средство повышения эффективности и качества образования / Н. Г. Киселева, А. Н. Зиннатуллина // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 448-454.

6. Зиннатуллина, А. Н. Преимущества автоматизации SAS / А. Н. Зиннатуллина, В. Л. Киселев, Н. Г. Киселева // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 394-400.

7. Адаптация первокурсников к обучению в высшем учебном заведении / В. Л. Киселев, Н. Г. Киселева, Е. Р. Газизов, А. Н. Зиннатуллина // Молодой исследователь Дона. – 2022. – № 2(35). – С. 72-75.

8. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.

9. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".
10. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
11. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.
12. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты *emotronfdu*" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.
13. О влиянии высокочастотного электромагнитного поля на диэлектрические характеристики полимерных пленок синдиотактического 1,2-полибутадиена / Р. Г. Рахматуллина, Г. У. Ярмухаметова, А. И. Гарайшин, А. Р. Маскова // Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук: Материалы Международной научно-технической конференции, Уфа, 29 октября 2021 года. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2021. – С. 291-293.
14. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDPSciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.
15. Медведев, В. М. Влияние инерционного коэффициента на коэффициент избытка воздуха двигателя машинно-тракторного агрегата / В. М. Медведев, С. А. Сеницкий // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный

университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 39-44.

16. Кириллов, Е. В. Проблема охраны труда и промышленная безопасность на опасных производственных объектах / Е. В. Кириллов, В. М. Медведев, Р. Ф. Сабиров // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 205-211.

17. Зиннатуллина, А. Н. Численное моделирование процесса распространения загрязнения под гидросооружением / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Е. Г. Шешуков // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 1. – С. 257-259.

18. Зиннатуллина, А. Н. Исследование миграции загрязняющих веществ под гидросооружением при моделировании различных источников / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – № 23. – С. 29-31.

19. Давлиев, И. И. Механическая характеристика электродвигателя / И. И. Давлиев, Р. Г. Рахматуллина, А. Н. Зиннатуллина // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 37-43.

20. Зиннатуллина, А. Н. Численное моделирование фильтрации воды в вертикальной скважине / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Вестник Технологического университета. – 2018. – Т. 21. – № 7. – С. 87-90.

21. Droplet size of virocide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development: 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122.

©Киселева Н.Г., Савельев М.В., 2023.

Зиннатуллина Алсу Наилевна

Кандидат технических наук, доцент

zinnatullina-alsu@mail.ru

Мифтахов Ранис Раdifович

Студент 2 курса Института механизации и технического сервиса

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Аннотация. В данной статье рассматривается моделирование транспортных потоков, которое является важным инструментом для планирования, управления и оптимизации транспортных систем. В статье представлены основные формулы и уравнения, используемые в моделировании, включая уравнение Lighthill-Whitham-Richards (LWR), которое описывает связь между плотностью и скоростью движения транспортных средств. Обсуждаются применение моделирования транспортных потоков в планировании городской инфраструктуры, управлении дорожным движением и прогнозировании транспортных потоков. В заключении подчеркивается важность моделирования транспортных потоков для создания более эффективных и устойчивых транспортных систем.

Ключевые слова: моделирование транспортных потоков, уравнение Lighthill-Whitham-Richards, планирование городской инфраструктуры, управление дорожным движением, прогнозирование транспортных потоков.

Alsu N. Zinnanullina

Candidate of technical sciences, Associate Professor

zinnatullina-alsu@mail.ru

Ranis R. Miftakhov

Second-year student of Institute of Mechanization and Technical Service

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

SIMULATION OF TRAFFIC STREAMS

Abstract. This article discusses the modeling of traffic flow, which is an important tool for planning, managing, and optimizing transportation systems. The article presents the main formulas and equations used in modeling, including the Lighthill-Whitham-Richards (LWR) equation, which describes the relationship between traffic density and velocity. The application of traffic flow modeling in urban infrastructure planning, traffic management, and traffic prediction is discussed. The conclusion emphasizes the importance of traffic flow modeling in creating more efficient and sustainable transportation systems.

Keywords: traffic flow modeling, Lighthill-Whitham-Richards equation, urban infrastructure planning, traffic management, traffic flow forecasting.

Транспортные потоки являются важной составляющей современных городов и дорожных сетей. Понимание и моделирование этих потоков имеет большое значение для планирования городской инфраструктуры, управления транспортом и разработки эффективных стратегий общественного транспорта [1...3]. В этой статье мы рассмотрим моделирование транспортных потоков, его основные методы и применение в различных сферах.

Моделирование транспортных потоков является процессом создания математических моделей, которые описывают движение транспортных средств и перевозку грузов по дорогам, улицам и другим видам транспортной инфраструктуры [4...6]. Целью моделирования является понимание и предсказание поведения транспортных потоков, чтобы оптимизировать управление и планирование.

Моделирование транспортных потоков основано на различных подходах и методах. На рисунке 1 представлены виды транспортных моделей.

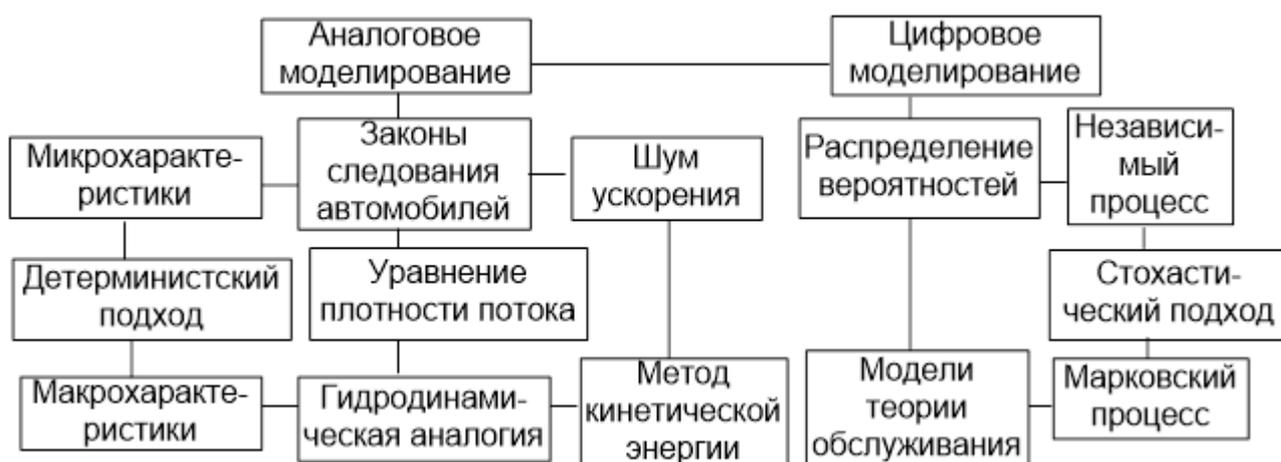


Рисунок 1 – Транспортные модели

При помощи транспортных моделей решаются различные задачи – составление расписания для городского общественного транспорта, оценка уровня загруженности транспортной сети и так далее [7...9]. Данные модели позволяют получить значения таких характеристик транспортных потоков как средняя скорость, уровень загрузки участка транспортной сети и интенсивность движения потока.

Формулы и уравнения являются неотъемлемой частью моделирования транспортных потоков. Они описывают физические принципы и взаимодействие транспортных средств с окружающей средой [10...12]. Например, одной из ключевых формул в моделировании транспортных потоков является уравнение сохранения

массы, которое описывает баланс транспортных средств в системе. Это уравнение может быть представлено следующим образом:

$$\rho \partial V / \partial t + \nabla \cdot (\rho V) = 0$$

где ρ - средняя плотность транспортных средств,
 V - вектор скорости потока, t - время,
 ∇ - оператор набла.

Одной из важных формул, используемых в моделировании транспортных потоков, является уравнение потока транспортных средств, известное как уравнение Lighthill-Whitham-Richards (LWR). Это уравнение позволяет описывать связь между плотностью транспортных средств и их скоростью движения.

Уравнение Lighthill-Whitham-Richards (LWR) имеет следующий вид:

$$Q = \rho v,$$

где Q - поток транспортных средств,
 ρ - плотность транспортных средств на дороге,
 v - скорость движения.

Это уравнение говорит о том, что поток транспортных средств пропорционален произведению плотности и скорости движения. Когда плотность транспортных средств высока, а скорость низка, поток также будет низким, что может привести к заторам. Наоборот, при низкой плотности и высокой скорости поток будет большим.

Уравнение LWR является основой для различных моделей транспортных потоков, таких как модель Мак-Кема (MFD) и модель квазилинейных гиперболических уравнений. Они позволяют более точно описывать динамику транспортных потоков, учитывая изменения плотности и скорости во времени и пространстве.

Кроме уравнения сохранения массы, моделирование транспортных потоков также включает другие формулы, связанные с физическими параметрами, такими как скорость, плотность, поток и т.д. Эти формулы помогают описать движение транспортных средств и предсказать потоки в зависимости от различных факторов, таких как плотность дорожного движения, дорожные условия, сигнализация и т.д.

Моделирование транспортных потоков имеет широкий спектр применений в различных областях. Одним из наиболее важных применений является планирование городской инфраструктуры и проектирование дорожной сети [13...15]. Путем моделирования потоков можно определить оптимальное размещение дорог, планировать системы общественного транспорта и управлять дорожным движением для улучшения пропускной способности и снижения заторов.

Транспортным потоком можно манипулировать тремя способами:

- 1) остановкой транспортных средств;
- 2) изменением параметров движения;
- 3) информацией и изменением направления движения.

Моделирование транспортных потоков также применяется в области транспортного управления. Адаптивное управление светофорами, определение оптимального времени смены сигналов, оптимизация потоков на перекрестках - все это возможно благодаря моделированию транспортных потоков.

Более того, моделирование транспортных потоков используется для прогнозирования транспортных потоков и оценки эффективности транспортных систем [16...18]. Это позволяет анализировать будущие потоки, разрабатывать меры по снижению загруженности дорог и принимать взвешенные решения при планировании различных транспортных проектов.

Вывод. Моделирование транспортных потоков является важным инструментом для планирования, управления и оптимизации транспортных систем [19...21]. Путем использования формул и уравнений, моделирование позволяет описать и предсказать поведение транспортных потоков и применить полученные знания в различных сферах, таких как планирование городской инфраструктуры, управление дорожным движением и прогнозирование транспортных потоков. Это позволяет создавать более эффективные и устойчивые транспортные системы, улучшать пропускную способность дорог и общественного транспорта, а также снижать транспортные заторы и негативное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Ибяттов, Р. И. Моделирование таксационных показателей древостоев в среде офисных программ / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 11, № 2(40). – С. 68-71.
2. Закономерности товарной структуры сосняков искусственного происхождения регионов Поволжья / В. Л. Черных, А. А. Домрачев, А. С. Елсуков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2011. – № 1(319). – С. 20-28.
3. Киселева, Н. Г. Моделирование объемов стволов лесных культур сосны / Н. Г. Киселева // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 416-419.
4. Валиев, А. А. Информационные технологии в обработке и визуализации данных / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 193-195.

5. Ибяттов, Р. И. Визуальный анализ факторов на таксационные показатели древостоев сосны / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 107-110.
6. Ибяттов, Р. И. Применение метода главных компонент для уменьшения размерности многомерных данных / Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева, А. А. Валиев // Актуальные проблемы физико-математического образования: Материалы II Международной научно-практической конференции, Набережные Челны, 20–22 октября 2017 года. – Набережные Челны: Набережночелнинский государственный педагогический университет, 2017. – С. 21-23.
7. Графический анализ влияния факторов на урожайность яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г. Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 101-107.
8. Проекционный метод исследования урожайности яровой пшеницы / Р. И. Ибяттов, А. А. Валиев, Ф. Ш. Шайхутдинов, Н. Г. Киселева // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 98-101.
9. Валиев, А. А. Применение искусственных нейронных сетей при расчете внесения доз удобрений под планируемую урожайность яровой пшеницы / А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов, Н. Г. Киселева // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 232-238.
10. Киселева, Н. Г. Оценка информативности модели с главными компонентами / Н. Г. Киселева, А. А. Валиев, Р. И. Ибяттов // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 414-419.

11. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
12. Патент на полезную модель № 209520 U1 Российская Федерация, МПК А01В 39/20. рабочий орган орудия для безотвальной обработки почвы: № 2021124345: заявл. 13.08.2021: опубл. 16.03.2022 / Г.В.Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Т.Н.Вагизов, А.А.Нурмиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".
13. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.
14. Саяпова, Р. Г. Синдиотактический 1,2-полибутадиен: диэлектрические свойства, допирование / Р. Г. Саяпова, А. Н. Чувывров, З. Х. Куватов // Башкирский химический журнал. – 2011. – Т. 18. – № 1. – С. 71-72.
15. Постановка лабораторной работы "система автоматического управления электродвигателями на базе преобразователя частоты emotronfdu" / Р. Г. Рахматуллина, В. В. Королева, А. Р. Маскова, А. И. Гарайшин // Моделирование энергоинформационных процессов: IX Национальная научно-практическая конференция с международным участием, Воронеж, 22–24 декабря 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. – С. 63-66.
16. Синицкий, С. А. Определение динамических потерь в двигателе машинно-тракторного агрегата при работе с неустановившейся нагрузкой / С. А. Синицкий, В. М. Медведев // Динамика механических систем: материалы I Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань, 05–06 апреля 2018 года / Казанский государственный аграрный университет; Ижевская государственная сельскохозяйственная академия. – Казань: Без издательства, 2018. – С. 34-39.
17. Современные автоматизированные и роботизированные машины для междурядной обработки почвы / А. Р. Валиев, Н. А. Васьков, Р. Ф. Сабиров, В. М. Медведев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4(274). – С. 2-7. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-2-7.
18. Синицкий, С. А. Влияние динамических факторов на показатели двигателя МТА при неустановившейся нагрузке / С. А. Синицкий, В. М.

Медведев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 4(274). – С. 16-19. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-4-16-18.

19. Зиннатуллина, А. Н. Моделирование процесса загрязнения при фильтрации воды под гидросооружением / А. Н. Зиннатуллина, М. Н. Шамсиев, Р. И. Ибяттов // Математическое моделирование. – 2014. – Т. 26. – № 10. – С. 120-126.

20. Зиннатуллина, А. Н. Основы цифровой экономики: искусственный интеллект / А. Н. Зиннатуллина, В. Л. Киселев, Д. Ш. Магсумова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 487-492.

21. Повышение эффективности машинно-тракторного агрегата за счет перевода его энергетических установок на газодизельную систему подачи топлива / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, З. М. Халиуллина, А. В. Матяшин // Транспорт на альтернативном топливе. – 2019. – № 1(67). – С. 69-74.

22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.

23. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

© Зиннатуллина А.Н., Мифтахов Р.Р.

УДК: 502.3

Иванов Вадим Александрович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

vadim110503@icloud.com

Макаров Давид Моррисович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

cicerongamer@gmail.com

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

olga_180472@mail.ru

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Для слаженной и эффективной работы предприятия необходим контроль и развитие цифровых технологий. Эффективность мониторинга экологической обстановки повышается за счет автоматизации системы мониторинга. Современные автоматизированные и роботизированные технологии могут работать круглосуточно, обеспечивая непрерывный мониторинг. Кроме того, цифровые технологии могут помочь сократить затраты на мониторинг, что особенно важно для малобюджетных проектов. В данной статье рассмотрены основные проблемы экологического мониторинга, его методы и применение современных технологий для его совершенствования.

Ключевые слова: экология, мониторинг, цифровизация, эффективность, экосистема.

Vadim A. Ivanov

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

vadim110503@icloud.com

David M. Makarov

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

cicerongamer@gmail.com

Olga I. Makarova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

olga_180472@mail.ru

ENVIRONMENTAL MONITORING USING DIGITAL TECHNOLOGIES

Abstract. For the smooth and efficient operation of the enterprise, control and development of digital technologies is necessary. The efficiency of monitoring the environmental situation is increased by automating the

monitoring system. Modern automated and robotic technologies can work around the clock, providing continuous monitoring. In addition, digital technologies can help reduce monitoring costs, which is especially important for low-budget projects. This article discusses the main problems of environmental monitoring, its methods and the use of modern technologies to improve it.

Keywords: ecology, monitoring, digitalization, efficiency, ecosystem.

Проблемами экологического мониторинга являются ограниченность данных, невозможность собрать данные в режиме реального времени, а также ограниченность доступа к данным. В связи с этим, традиционные методы мониторинга экологической обстановки часто не обеспечивают необходимой точности и эффективности [1,2,3].

Цифровые технологии могут решить эти проблемы, позволяя получать больше и более точных данных в режиме реального времени. Например, датчики могут использоваться для сбора данных о качестве воздуха, воды и почвы, а геоинформационные системы могут использоваться для анализа и визуализации полученных данных.

Однако, необходимо учитывать, что цифровые технологии также могут столкнуться с проблемами, такими как недостаточная точность измерений, неправильное использование данных и защита данных. Поэтому важно проводить тщательный анализ и оценку цифровых технологий перед их внедрением в мониторинг экологической обстановки.

В целом, использование цифровых технологий в мониторинге экологической обстановки может помочь решить множество проблем традиционных методов мониторинга. Это может привести к более точным и эффективным мерам по охране окружающей среды, что, в свою очередь, повысит качество жизни людей и сохранит природные ресурсы для будущих поколений.

Традиционные методы мониторинга экологической обстановки включают в себя сбор образцов и анализ их в лабораторных условиях, наблюдение за изменением экосистем и сбор данных вручную. Выделены некоторые преимущества и недостатки традиционных методов мониторинга [4,5,6].

Преимуществом является тот факт, что традиционные методы обеспечивают высокую точность измерений и анализ данных. А также эти методы хорошо изучены и широко используются в научных исследованиях [7,8,9]. Иногда традиционные методы мониторинга могут быть более надежными, чем цифровые технологии.

Стоит отметить и недостатки. В первую очередь, традиционные методы могут быть дорогостоящими и требовательными к трудозатратам. Такие методы могут быть неэффективными, в частности на больших территориях.

Традиционные методы чаще всего не обеспечивают непрерывный мониторинг, а это может привести к возможному упущению важной информации или изменений в окружающей среде. Некоторые измерения могут быть опасными для здоровья человека, которые могут привести к ограничению использования традиционных методов мониторинга [10,11,12].

Исходя из выше сказанного, традиционные методы мониторинга экологической обстановки имеют как преимущества, так и недостатки. Они могут быть полезны для достижения точных результатов, но могут быть неэффективными и дорогостоящими. В связи с этим, использование цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки может помочь улучшить эффективность и точность мониторинга.

Для мониторинга экологической обстановки используются новые цифровые технологии, обеспечивающие более точные и качественные результаты [13,14,15]. Примером применения цифровой технологии является дистанционное зондирование. Технология, которая использует спутники и другие средства для получения данных о земле, включая информацию о качестве воды, почвы и воздуха. Дистанционное зондирование используется для мониторинга изменений климата, землепользования и экосистем.

Геоинформационные системы (ГИС) также являются одним из современных и инновационных технологий. Технология, которая использует картографические данные для создания цифровых карт и анализа географических данных. ГИС могут использоваться для анализа и прогнозирования изменений в экосистемах, а также для планирования и принятия решений.

В силу цифровизации и роботизации в производстве уже применяются датчики, устройства, которые собирают данные о качестве воздуха, воды и почвы. Датчики могут использоваться для мониторинга загрязнения и изменения качества окружающей среды. Автоматизированные системы мониторинга, которые автоматически собирают и обрабатывают данные о качестве воздуха, воды и почвы. Эти системы могут работать круглосуточно, обеспечивая непрерывный мониторинг [16,17,18].

Одними из самых современных и только внедряющихся в отрасль являются интернет вещи (IoT), то есть технология, которая позволяет устройствам взаимодействовать между собой и обмениваться данными. IoT может использоваться для мониторинга изменений в окружающей среде, а также для управления и контроля за загрязнением.

И конечно, искусственный интеллект (AI). Та технология, которая позволяет компьютерам обрабатывать и анализировать большие объемы данных, включая данные о качестве окружающей среды. AI

может использоваться для прогнозирования изменений в экосистемах и принятия решений, на основе полученных данных.

Таким образом, новые цифровые технологии, используемые для мониторинга экологической обстановки, предоставляют больше данных и улучшают эффективность и точность мониторинга. Однако, необходимо учитывать проблемы с точностью измерений, защитой данных и другие риски, связанные с использованием цифровых технологий.

Крайние тенденции в развитии цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки включают в себя несколько направлений. Например, одной из тенденций являются распределенные сенсорные сети. Использование сенсорных сетей для сбора данных о качестве воздуха, воды и почвы. Это может помочь в более эффективном и точном мониторинге изменений в окружающей среде и обеспечить более широкий охват территорий [19,20,21].

Использование технологии блокчейн для обеспечения безопасности и надежности данных, полученных в ходе мониторинга экологической обстановки. Это может помочь в предотвращении манипуляции данными и обеспечении прозрачности в процессе мониторинга.

Последние тенденции в развитии цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки направлены на более эффективный и точный мониторинг изменений в окружающей среде, а также на принятие решений на основе полученных данных. Эти технологии могут помочь в сохранении природных ресурсов и улучшении качества жизни людей [22,23,24].

Цифровые технологии для мониторинга экологической обстановки используются во многих регионах мира. Вот несколько примеров успешного использования цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки: Городской мониторинг качества воздуха в Пекине (в Пекине была установлена сеть из более чем 35 000 датчиков, которые непрерывно собирают данные о качестве воздуха в городе. Данные были использованы для принятия решений о регулировании выбросов загрязняющих веществ и сокращения количества смертей, связанных с загрязнением воздуха); мониторинг загрязнения воды в Кении (в Кении была разработана мобильная приложение "MajiVoice", которое позволяет жителям отчитываться о загрязнении воды в их районе, эти данные используются для мониторинга качества воды и принятия мер по улучшению качества воды); мониторинг дождевых лесов в Бразилии (в Бразилии была использована технология дистанционного зондирования для мониторинга дождевых лесов, эта технология позволяет получать более точные данные о состоянии лесов и изменениях в экосистемах, что помогает в разработке стратегий по сохранению лесов).

Таким образом, цифровые технологии для мониторинга экологической обстановки успешно используются в различных регионах мира и помогают улучшить качество окружающей среды и жизни людей.

Стоит отметить, что использование цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки имеет ряд преимуществ. Например, цифровые технологии позволяют получать более точные данные о состоянии окружающей среды и изменениях в экосистемах. Это помогает в более эффективном и точном мониторинге и принятии решений, на основе полученных данных.

Также, автоматизированные системы мониторинга и IoT-устройства позволяют непрерывный мониторинг качества воздуха, воды и почвы. Это помогает в быстром реагировании на угрозы для здоровья человека и окружающей среды.

Сокращаются затраты, цифровые технологии позволяют сократить затраты на мониторинг экологической обстановки и получение данных о качестве окружающей среды. Одним из главных преимуществ является прозрачность и открытость. Использование цифровых технологий позволяет обеспечить прозрачность и открытость в процессе мониторинга экологической обстановки, что повышает доверие общества к результатам мониторинга.

Исследования научных деятелей показывают, что использование цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки может иметь значительный эффект на улучшение качества окружающей среды и защиту природных ресурсов. Это связано с тем, что цифровые технологии позволяют получать более точные и полные данные о состоянии окружающей среды и изменениях в экосистемах, что в свою очередь позволяет принимать более эффективные меры по защите окружающей среды.

Отметим еще раз, что некоторые из основных результатов исследования в области использования цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки включают: более точный и эффективный мониторинг качества природных ресурсов; непрерывность мониторинга; точные прогнозы изменений в окружающей среде и экосистемах; эффективное, качественное и точное принятие решений на основе полученных данных; сокращение затрат на мониторинг экологической обстановки и получение данных о качестве окружающей среды [10].

Важность использования цифровых технологий для мониторинга экологической обстановки заключается в том, что это помогает сохранять природные ресурсы и улучшать качество жизни людей. Это также важно для экономического развития, так как мониторинг экологической обстановки может помочь уменьшить затраты на лечение заболеваний, связанных с загрязнением окружающей среды.

Таким образом, направления развития исследований в данной области могут включать использование новых технологий, таких как блокчейн, машинное обучение и искусственный интеллект, для более точного анализа данных и принятия решений, на основе полученных данных.

Также можно улучшить сенсорные сети и IoT-устройства для более широкого охвата территорий и получения данных о состоянии окружающей среды в отдаленных и труднодоступных местах. Кроме того, можно продолжить исследования в области мониторинга морских экосистем и использования дистанционного зондирования для получения более точных данных о состоянии экосистем.

Литература

1. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources", Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.
2. Гатин, А. А. Методы контроля и мониторинга опасных и вредных факторов производственной среды / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 100-106.
3. Джораев, Н. Б. Методика контроля вредных веществ в воздухе / Н. Б. Джораев, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 163-169.
4. Макаров, Д. М. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего предприятия / Д. М. Макаров, А. А. Ярхамова, О. И. Макарова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 541-548.
5. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей бензиновых силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития

механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 170-174.

6. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей дизельных силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 174-178.

7. Бушуев, А. В. Оценка и анализ вредного воздействия вибрации для человека, способы защиты от вибрации / А. В. Бушуев, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 386-390.

8. Павлова, А. С. Экологическая безопасность, качество среды и качество жизни населения / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 448-452.

9. Иванников, А. С. Проведение сертификации производственных объектов на соответствие требованиям охраны труда / А. С. Иванников, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 404-408.

10. Кириллов, Е. В. Меры предотвращения аварийных ситуаций с участием сжиженного природного газа / Е. В. Кириллов, О. И. Макарова

// Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 335-339.

11. Гатин, А. А. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 107-113.

12. Макаров, Д. М. Особенности трудовой деятельности женщин и подростков / Д. М. Макаров, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 291-299.

13. Using digital agricultural production based on navigation and information systems / N. F. Kashapov, M. M. Nafikov, M. D. Nigmatullin [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kazan, 04–06 декабря 2019 года. – Kazan, 2020. – P. 012023. – DOI 10.1088/1757-899X/915/1/012023.

14. Аладашвили, И. К. Современное состояние проблемы токсичности дизелей в сельском хозяйстве / И. К. Аладашвили, М. А. Зарубина, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 30-35.

15. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.

16. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория,

практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

17. Исмаилова, И. А. Негативное влияние вредных выбросов на человека / И. А. Исмаилова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 331-335.

18. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.

19. Макарова, О. И. Актуальность проведения аттестации рабочих мест в современном мире / О. И. Макарова, И. И. Замалиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 163-166.

20. Макарова, О. И. Особенности охраны труда на производстве / О. И. Макарова // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 229-232.

21. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.

22. Павлова, А. С. Электрическое сопротивление тела человека / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича,

Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 453-457.

23. Гарифуллина, И. А. Влияние вредных производственных факторов при работе со стеклопластиком / И. А. Гарифуллина, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 390-395.

24. Макаров, Д. М. Обеспечение пожарной безопасности АЗС / Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 212-218. – EDN QVTAYX.

© Иванов В.А., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023

УДК: 613

Валиуллина Элина Эдуардовна

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Mukhamadievaelina98@yandex.ru

Макаров Давид Моррисович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

cicerongamer@gmail.com

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

olga_180472@mail.ru

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Аннотация. Причиной создания или развития опасности, всегда являются опасные действия или отсутствие необходимых действий человека.

Ключевые слова: безопасность труда, человеческие факторы, действия человека.

Elina E. Valiullina

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Mukhamadievaelina98@yandex.ru

David M. Makarov

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

cicerongamer@gmail.com

Olga I. Makarova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

olga_180472@mail.ru

THE ROLE OF THE HUMAN FACTOR IN ENSURING OCCUPATIONAL SAFETY

Annotation. The reason for the creation or development of danger is always dangerous actions or the lack of necessary human actions.

Keywords: occupational safety, human factors, human actions.

В обеспечении безопасных условий труда, такие понятия как «деятельность», «охрана труда» и «безопасность труда» являются тесно связанными между собой.

Охрана труда – это система правовых, социально-экономических, организационных, производственных, технических и гигиенических мер, направленных на обеспечение безопасности труда и защиту здоровья работников [1,2,3].

Безопасность труда – это состояние обстановки на рабочем месте, когда работник защищен от производственных рисков, которые могут нанести ему ущерб в виде травм, болезней или даже смерти.

Работодатель несет главную ответственность за безопасность трудового процесса и обязан соблюдать требования, прописанные законодательством в области охраны труда [4,5,6]. Работники, в свою очередь, также должны соблюдать правила безопасности и не нарушать установленные правила и инструкции. Они также могут участвовать в разработке мероприятий по улучшению обстановки на рабочем месте и предотвращению возможных рисков [7,8,9].

Таким образом, обеспечение безопасности труда – это важный вопрос, требующий внимания каждого работодателя и работника. Этому вопросу следует уделять особое внимание на протяжении всего процесса работы, в том числе и при использовании различной техники и оборудования [10,11,12].

Соблюдение мер безопасности работником играет большую роль в обеспечении безопасности производственного процесса на предприятии. В большинстве случаев именно человек является виновником несчастных случаев. Каждый человек в процессе работы может совершить ошибочные действия, принимать неправильные решения, проявлять недобросовестность и халатность в выполнении своих обязанностей [13,14,15].

Для безопасности труда, состояние производственной среды, климат, вредные и опасные факторы в условиях осуществления трудовой и производственной деятельности человека очень важны. Всегда нужно стремиться минимализировать неблагоприятные факторы производственной среды, так как они могут оказывать неблагоприятное воздействие на работу и здоровье человека, и ситуацию в целом [16,17,18].

Основные задачи для обеспечения охраны труда:

1. выявление опасных и вредных производственных факторов;
2. разработка инструкций, а также технико-нормативные мероприятия и средств индивидуальной защиты от опасных и вредных производственных факторов;
3. разработка мероприятий по обеспечению безопасности и охраны труда на рабочем месте;
4. проведение тренировок для подготовки работников к действиям при возникновении опасностей.

Понятия терминов «трудовая деятельность» и «человек» так же связаны, как биологического вида и человечества как социального сообщества. Именно труд помог стать из *Homo erectus* (человек прямоходящий) в ходе длительной эволюции стал *Homo sapiens* (человек разумный).

Безопасность и здоровье работников является приоритетом в системе общей безопасности организации, важно сохранение и защита

здоровья работников посредством организации нормальных условий труда, постоянного их совершенствования, а также уменьшении уровня рисков возникновения угроз и их последствий [19,20,21].

По статистике психофизиологические факторы человека играют великую роль в безопасности трудового процесса.

Психофизиологические факторы человека делятся на психологические и физиологические.

Психологические факторы – это уровень развития человека как личности, его развития, типа характера, психоэмоциональный фактор.

Физиологические факторы – это факторы, связанные с организмом или биологическими особенностями человека.

Биологическая деятельность человека – это непрерывная деятельность сенсорных, умственных и моторных действий. Естественно, что цель, нужный результат труда, безопасность будут достигнуты, если в цепи не произойдет разрывов, сбоев, отклонений.

В процессе производственной деятельности, всегда есть опасность возникновения чрезвычайной/аварийной ситуации. Человек всегда может допустить ошибку или просто случайные и необдуманные и недопустимые действия может даже усугубить ситуацию [22,23,24].

Основные проблемы обеспечения безопасной рабочей зоны это - производственная опасность и защищенность работника.

Виды человеческих факторов в системе безопасности:

1. Обучение и квалификация персонала
2. Ответственность и дисциплина
3. Соблюдение правил и инструкций
4. Мотивация и стимулирование
5. Психологический фактор (стресс, усталость, эмоции)
6. Физический фактор (здоровье, физическая подготовка)
7. Культура безопасности в коллективе
8. Коммуникация и информирование о безопасности
9. Правильное использование средств защиты и оборудования
10. Контроль за исполнением требований по безопасности.

Риски, связанные с человеческим фактором, бывают физиологические (плохое зрение, мышечная слабость, различные заболевания, расстройства организма...) и поведенческие (осознанное/намеренное и случайное/не намеренное причинение вреда).

Правильная последовательность действий человека при опасных ситуациях:

- 1 этап: Восприятие опасности (сенсорные и информативные возможности человека, уровень развития внимания),
- 2 этап: Осознание опасности
- 3 этап: Принятие решения действий
- 4 этап: Выполнение действий

Не верное выполнение этих пунктов грозит созданию или ухудшению чрезвычайных ситуаций.

Психологические знания для обеспечения безопасной трудовой деятельности имеют значимую роль в психологической безопасности. В наши дни проблемы, связанные с трудовой деятельностью, невозможно решить лишь инженерным или техническим методами. Зачастую в чрезвычайных ситуациях виной становятся:

- недостаточный уровень профессиональной подготовки работника,
- не правильное воспитание человека,
- недостаточная информированность сотрудника за соблюдением требований безопасности,
- утомленность и психическое состояние работника.

Психическое состояние может повлиять на трудовой процесс, особенно на безопасность производственного процесса. Оно поможет лучше сохранить баланс физического и морального состояния, добиться больших успехов и выполнить поставленные задачи.

Психологические причины, которые могут создавать опасные ситуации и травматизм не только на рабочем месте, но и в предприятии могут быть различными, от типа нервной системы, темперамента, образования и воспитания человека.

Для решения затруднений, связанных с человеческим фактором и обеспечением безопасности на рабочем месте, человек прежде всего должен сохранять холодный разум и уметь учитывать все обстоятельства, связанные с должностью/профессией, уметь правильно соотносить состояние своего здоровья и негативные факторы будущего рабочего места. Так же обязательно ознакомления со всеми инструктажами и правилами обращения с техникой (оборудованием), соблюдение санитарных норм и регулярное проведение тренировок на рабочем месте. Точное соблюдение правил при трудовом процессе связанный с безопасностью труда, могут позволить более точное обеспечение руководители и специалисты охраны труда имеющие достаточные знания о формах и методах обеспечения безопасности и полностью выполняют обязанности, возложенные на них законодательством, а также соответствующими положениями и инструкциями, утвержденными для определённых трудовых процессов и не только. Подобные мероприятия позволят обеспечить безопасность при выполнении работ, уменьшат риск возникновения аварийных (чрезвычайных) ситуаций и сохраняют жизнь и здоровье человека, а также окружающую среду.

Вывод: каждый из нас может попасть в сложную ситуацию, будь то новичок, то работник с большим стажем. Человеческий фактор зависит не только от опыта в рабочей деятельности.

На предприятии нельзя полностью исключить не благоприятные ситуации, но можно их минимализировать проводя постоянно

тренировки и проверки знаний на рабочем месте, а также инструктажи. Но человеческий фактор всё же остается.

Для успешного решения неблагоприятных и чрезвычайных ситуаций, связанных с проблемами, которые человек по случайности или ошибочно может допустить, не обходимо по мимо теоретических и практических знаний об опасных ситуациях, всегда сохранять спокойствие, «чувствовать» ситуацию, уметь трактовать имеющуюся программу действий в соответствии со сложившимися условиями, проявлять решительность в обеспечении эффективных действий в нужное время, действовать логично. Для этого не требуется творческого подхода, поскольку все правила и порядок действий уже заранее прописаны в инструкциях, положениях, санитарных нормах и тд.

Литература

1. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.
2. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.
3. Гимаева, К. Р. Особенности проведения обучения и инструктажей по охране труда для разных категорий работников / К. Р. Гимаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 395-399.
4. Бушуев, А. В. Оценка и анализ вредного воздействия вибрации для человека, способы защиты от вибрации / А. В. Бушуев, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции,

посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 386-390.

5. Гарифуллина, И. А. Влияние вредных производственных факторов при работе со стеклопластиком / И. А. Гарифуллина, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 390-395.

6. Юмаева, Л. С. Влияние тяжелых металлов на работника керамической промышленности / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 457-461.

7. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей дизельных силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 174-178.

8. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей бензиновых силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 170-174.

9. Мухаметзянова, З. Р. Обеспечение безопасности дорожного движения / З. Р. Мухаметзянова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория,

практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 339-343.

10. Джораев, Н. Б. Методика контроля вредных веществ в воздухе / Н. Б. Джораев, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 163-169.

11. Гатин, А. А. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 107-113.

12. Бушуев, А. В. Разработка мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах / А. В. Бушуев, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 9-15.

13. Гимаева, К. Р. Охрана труда при работе в офисных помещениях / К. Р. Гимаева, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 123-129.

14. Макаров, Д. М. Особенности трудовой деятельности женщин и подростков / Д. М. Макаров, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 291-299.

15. Гатин, А. А. Методы контроля и мониторинга опасных и вредных факторов производственной среды / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022

года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 100-106. – EDN OCLEXY.

16. Мухаметзянова, З. Р. Комплексная безопасность АЗС / З. Р. Мухаметзянова, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 241-247.

17. Макаров, Д. М. Обеспечение пожарной безопасности АЗС / Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 212-218. – EDN QVTAYX.

18. Макаров, Д. М. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего предприятия / Д. М. Макаров, А. А. Ярхамова, О. И. Макарова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 541-548.

19. Самигуллин, А. Н. Пожарная безопасность зданий и сооружений / А. Н. Самигуллин, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 468-473.

20. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.

21. Исмагилов, Д. Р. Требования пожарной безопасности при постройке зданий и сооружений / Д. Р. Исмагилов, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 205-210.

22. Павлова, А. С. Электрическое сопротивление тела человека / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки:

Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 453-457.

23. Макарова, О. И. Разработка системы освещения в производственных помещениях / О. И. Макарова, В. Р. Гильмуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 184-188.

24. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.

25. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.

© Валиуллина Э.Э., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023

УДК: 331.453

Гордеев Илья Николаевич

*Казанский государственный аграрный университет, Казань
trikstar76@mail.ru*

Макаров Давид Моррисович

*Казанский государственный аграрный университет, Казань
cicerongamer@gmail.com*

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*Казанский государственный аграрный университет, Казань
olga_180472@mail.ru*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ

Аннотация. Статья рассматривает влияние опасных производственных факторов на здоровье работников. Анализ основных видов опасностей, которые могут возникнуть на рабочем месте, такие как шум, вибрация, химические и биологические вещества. Описываются пути защиты работников от этих факторов и предлагаются методы оценки рисков для здоровья при выполнении различных видов работы. В статье подчеркивается необходимость соблюдения правил безопасности на производственном объекте и обеспечение соответствующего уровня защитного оборудования для минимизации негативного воздействия опасных факторов на здоровье труженика.

Ключевые слова: здоровье работников, опасные производственные факторы, воздействие, производственная безопасность, рабочая среда, промышленность, токсичность, загрязнение, радиация, шум, вибрация.

Ilya N. Gordeev

*Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
trikstar76@mail.ru*

David M. Makarov

*Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
cicerongamer@gmail.com*

Olga I. Makarova

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia
olga_180472@mail.ru*

THE IMPACT OF HAZARDOUS WORKPLACE FACTORS ON WORKERS HEALTH

Abstract. The article examines the impact of hazardous workplace factors on employee health. The analysis focuses on major types of hazards that may arise in the workplace, such as noise, vibration, chemical and biological substances. Ways to protect employees from these factors are described and methods for assessing health risks when performing various types of work are proposed. The article emphasizes the need to comply with safety rules at the production site and provide appropriate protective equipment to minimize negative effects of hazardous factors on workers' health.

Key words: workers health, hazardous production factors, impact, occupational safety, working environment, industry, toxicity, pollution, radiation, noise, vibration.

Опасные производственные факторы – это условия, которые могут нанести вред здоровью работников и привести к несчастным случаям на производстве. Они являются значительным и постоянным источником риска для здоровья работников, могут приводить к различным заболеваниям и повреждениям, имеющих краткосрочные и долгосрочные последствия на здоровье трудящихся [1,2,3]. Классификация опасных производственных факторов осуществляется по различным признакам.

По характеру действия опасные факторы подразделяются на:

1. Механические (включают в себя повреждения, связанные с использованием различных машин, инструментов и оборудования, могут привести к ранам, переломам, вывихам и другим травмам) [4,5,6].

2. Химические (содержат различные вещества, которые используются на производстве и могут оказывать негативное воздействие на респираторную систему, пищеварительную систему, кожу и глаза, к ним относятся соляные кислоты, щелочи, растворители и другие) [7,8,9].

3. Биологические (включают в себя микроорганизмы, вирусы, бактерии и другие живые организмы, которые могут вызывать инфекционные заболевания) [10,11,12].

4. Радиационные (могут быть вызваны различными радиационными источниками, такими как рентгеновские аппараты, ядерные электростанции и другие).

5. Психологические (могут быть вызваны повышенным стрессом, напряженностью и другими факторами психологического характера).

6. Технические (связаны с плохими условиями труда, которые могут привести к пневмокониозу, перегрузкам и другим профессиональным заболеваниям) [13,14,15].

Классификация опасных производственных факторов является необходимой для создания безопасной рабочей среды на предприятии. Она позволяет своевременно вычислять возможные риски для здоровья работников и принимать соответствующие меры по минимизации этих рисков, оценивать уровень риска для здоровья

работников и принимать меры по предотвращению негативного воздействия этих факторов [16,17,18]. Для этого проводятся специальные мероприятия по оценке и контролю опасных факторов, включающие в себя анализ условий труда, измерение уровня шума и электромагнитного излучения, обследование наличия химических веществ и других опасных материалов [19,20,21].

Для обеспечения безопасности и здоровья работников необходимо проводить оценку и контроль опасных производственных факторов. Оценка охватывает измерение, анализ и описание всех возможных рисков и опасных факторов в рабочей среде. Это позволяет выяснить, какие факторы могут породить угрозу для здоровья работников и, в конечном счете, какие шаги необходимы для их минимизации. Оценка опасных производственных факторов включает в себя изучение воздействия на организм человека, анализ рисков и разработку методов контроля за ними. Она может проводиться различными методами, такими как дозиметрия, экспертиза и т. д. [22,23,24].

Дозиметрия – это метод оценки радиационных производственных факторов, в котором используются специальные датчики, которые измеряют радиационное воздействие на организм человека.

Экспертиза – это метод, который используется для оценки химических производственных факторов на основе результатов анализа пробы, взятой в производственной среде и сравнения с нормативными показателями.

После оценки опасных факторов производится контроль. Контроль представляет собой систему мер, направленных на уменьшение опасных производственных и экологических воздействий и подверженности работников к возможным производственным рискам. Это включает регулярное измерение и анализ всех параметров, связанных с опасными факторами, а также проведение рекомендуемых исправлений для сокращения или исключения этих факторов. Контроль опасных производственных факторов является одним из основных направлений в области охраны труда на производстве. Опасные производственные факторы могут оказать негативное влияние на здоровье работников и привести к травмам и несчастным случаям.

Для того, чтобы обеспечить безопасность на производстве, необходимо проводить регулярный контроль всех опасных факторов, которые могут повлиять на здоровье и благополучие работников.

Такой контроль включает в себя проведение анализа всех производственных процессов, оценку рисков, связанных с опасными факторами, а также разработку и внедрение мер по их устранению или снижению.

Среди основных опасных производственных факторов можно выделить:

- повышенный уровень шума;

- вибрации;
- электромагнитное излучение;
- химические вещества;
- опасные механические и термические факторы.

Для того, чтобы обеспечить безопасность работников, необходимо проводить регулярные обучения и тренинги, которые помогут им понимать опасность и принимать соответствующие меры по ее устранению. Многие организации регулярно проводят проверки своих производственных процессов, включая проверки на соблюдение норм безопасности и контроль опасных производственных факторов. Это позволяет им обеспечивать наилучшие условия труда для своих работников и предотвращать возможные несчастные случаи [25].

Важно также организовать аудиты, чтобы определить, в какой мере производственные и экологические требования соблюдаются. Аудит проводится в соответствии с местными нормативными актами и стандартами, которые определяют минимальные требования к работам по оценке и контролю опасных факторов.

Все мероприятия по оценке и контролю опасных факторов должны включать в себя команду специалистов, которые занимаются вопросами производственной безопасности, экологии и медицины труда. Такая команда будет способствовать созданию безопасной и здоровой рабочей среды для коллектива работников.

На основе полученной информации разрабатывается система защиты работников от негативного воздействия опасных производственных факторов.

Система защиты работников от негативного воздействия опасных производственных факторов является одной из важнейших составляющих безопасности на производстве. Эта система включает комплекс мер, направленный на предотвращение травм и заболеваний, связанных с неблагоприятными условиями труда:

- использование средств индивидуальной защиты, таких как защитные очки, наушники, респираторы, перчатки и другие (работники должны проходить обязательное обучение по правильному использованию СИЗ и по оценке рисков негативного воздействия на здоровье);

- проведение предварительного анализа опасных факторов на производстве (позволяет определить все возможные риски для работников и принять необходимые меры для их смягчения или исключения);

- профилактические медицинские осмотры, которые позволяют выявлять заболевания, связанные с неблагоприятными условиями труда (в случае выявления заболевания, связанного с работой, сотрудникам предоставляется бесплатное лечение и компенсация);

- обучение работников правилам безопасности на производстве (к данному вопросу необходимо относиться с серьезностью, проводить

обучение регулярно и показывать примеры травм и происшествий на других производствах);

- постоянный контроль со стороны работодателя и специалистов по охране труда (они должны регулярно проходить обучение и аттестацию, а также проверять соблюдение правил безопасности на производстве).

Применение системы защиты работников от негативного воздействия опасных производственных факторов позволяет разработать безопасные и здоровые условия труда, обеспечивающие безопасность и здоровье всех работников.

Опасности на производстве могут включать в себя:

- дыхательные;
- зрительные или слуховые проблемы;
- острые травмы;
- повышенный риск инфекционных заболеваний;
- хронические заболевания, такие как рак и болезни сердца.

Эти факторы могут быть вызваны шумом, вибрацией, ионизирующим излучением (например, рентгеновскими лучами), химическими веществами, биологическими агентами (например, бактерии и вирусы), а также теплом и холодом.

Оценка и управление рисками и опасностями, связанными с производством, являются ключевыми мерами для защиты здоровья и безопасности работников. Предприятия должны иметь системы контроля и мониторинга для обеспечения безопасности, а также информационные каналы для своих сотрудников.

Работники также должны быть в обязательном порядке проинформированы об опасных производственных факторах и высоком риске связанных с ними заболеваний и травмах, а также получить обучение в области безопасности, и защиты здоровья.

В целом, воздействие опасных производственных факторов на здоровье работников может быть значительным. Обеспечение безопасных условий труда и защита работников будет самой важной задачей для того, чтобы обеспечить здоровье и благополучие на рабочем месте. Изучение и мониторинг факторов риска важно для создания безопасной и здоровой рабочей среды. Высокий уровень безопасности на рабочем месте не только снижает затраты на медицинское обслуживание и компенсации, но и повышает качество и эффективность работы всего предприятия.

Литература

1. Исмаилова, И. А. Негативное влияние вредных выбросов на человека / И. А. Исмаилова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической

- конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 331-335.
2. Аладашвили, И. К. Современное состояние проблемы токсичности дизелей в сельском хозяйстве / И. К. Аладашвили, М. А. Зарубина, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 30-35.
3. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.
4. Макарова, О. И. Влияние вибрации и шума на организм человека / О. И. Макарова, Л. И. Бакирова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 188-192.
5. Павлова, А. С. Электрическое сопротивление тела человека / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 453-457.
6. Бушуев, А. В. Оценка и анализ вредного воздействия вибрации для человека, способы защиты от вибрации / А. В. Бушуев, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 386-390.
7. Кириллов, Е. В. Меры предотвращения аварийных ситуаций с участием сжиженного природного газа / Е. В. Кириллов, О. И. Макарова

// Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 335-339.

8. Павлова, А. С. Экологическая безопасность, качество среды и качество жизни населения / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 448-452.

9. Гарифуллина, И. А. Влияние вредных производственных факторов при работе со стеклопластиком / И. А. Гарифуллина, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 390-395.

10. Гатин, А. А. Методы контроля и мониторинга опасных и вредных факторов производственной среды / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 100-106. – EDN OCLEXY.

11. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей бензиновых силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 170-174.

12. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей дизельных силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса:

Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 174-178.

13. Мухаметзянова, З. Р. Обеспечение безопасности дорожного движения / З. Р. Мухаметзянова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 339-343.

14. Исмагилов, Д. Р. Требования пожарной безопасности при постройке зданий и сооружений / Д. Р. Исмагилов, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 205-210.

15. Гатин, А. А. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 107-113. – EDN HYBHGZ.

16. Бушуев, А. В. Разработка мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах / А. В. Бушуев, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 9-15. – EDN KTJEIJ.

17. Макаров, Д. М. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего предприятия / Д. М. Макаров, А. А. Ярхамова, О. И. Макарова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 541-548.

18. Самигуллин, А. Н. Пожарная безопасность зданий и сооружений / А. Н. Самигуллин, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–

03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 468-473.

19. Джораев, Н. Б. Методика контроля вредных веществ в воздухе / Н. Б. Джораев, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 163-169.

20. Иванников, А. С. Проведение сертификации производственных объектов на соответствие требованиям охраны труда / А. С. Иванников, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 404-408.

21. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDPSciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.

22. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.

23. Макарова, О. И. Актуальность проведения аттестации рабочих мест в современном мире / О. И. Макарова, И. И. Замалиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 163-166.

24. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. –

Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

25. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.

26. Гимаева, К. Р. Особенности проведения обучения и инструктажей по охране труда для разных категорий работников / К. Р. Гимаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 395-399.

© Гордеев И.Н., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023.

УДК: 613.6.01

Янгирова Дарья Вадимовна

Казанский государственный аграрный университет, Казань

yangirovadarya2002@gmail.ru

Макаров Давид Моррисович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

cicerongamer@gmail.com

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

olga_180472@mail.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ И ГИГИЕНА ТРУДА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аннотация. Сельское хозяйство – сложная и довольно опасная отрасль. Люди, работающие в этой отрасли, должны обладать навыками и квалификацией в нескольких областях. Ответственность работодателя заключается в соблюдении требований охраны труда и наилучшей защите от вредных и опасных факторов, а также обеспечения безопасных условий труда на рабочих местах.

Ключевые слова: сельское хозяйство, безопасность, гигиена труда, риски, охрана труда, опасность, оценка рисков, профессиональные заболевания, цифровые технологии.

Daria V. Yangirova

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

yangirovadarya2002@gmail.ru

David M. Makarov

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

cicerongamer@gmail.com

Olga I. Makarova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

olga_180472@mail.ru

SAFETY AND HEALTH IN AGRICULTURE

Abstract. Agriculture is a complex and rather dangerous industry. People working in this industry must have skills and qualifications in several areas. The responsibility of the employer is to comply with the requirements of labor protection and the best protection against harmful and dangerous factors, as well as to ensure safe working conditions at the workplace.

Keywords: agriculture, safety, occupational health, risks, labor protection, danger, risk assessment, occupational diseases, digital technologies.

Вредные и опасные факторы в сельскохозяйственном секторе. Сельскохозяйственное производство является одним из важнейших секторов экономики, основными средствами производства которого являются живые организмы – растения и животные, а также почва. Развитие сельского хозяйства зависит от экономических и биологических закономерностей, поэтому современное сельское хозяйство включает в себя множество отраслей, таких как растениеводство и животноводство, а также включает несколько видов первичной переработки растительной и животноводческой продукции [1,2,3].

Однако, сельскохозяйственные рабочие часто сталкиваются со многими опасностями и рисками в своей работе. По данным статистики в РФ, сельское хозяйство является одним из самых сложных и травматичных видов экономической деятельности, обгоняя по степени риска даже строительную отрасль [4,5,6]. В 2017 году было зарегистрировано более 3000 несчастных случаев в сельскохозяйственном производстве, что существенно выше, чем в строительстве. Однако, профессиональные риски в России продолжают сохраняться и угрожать их здоровью и жизни, требуя внимательного и продуманного подхода к мерам безопасности на производстве [7,8,9].

Оценка рисков для здоровья и безопасности

В сельском хозяйстве необходима профессиональная оценка рисков, которая включает в себя выявление опасностей, а также возможность их возникновения [10,11,12]. Основная работа в аграрном секторе выполняется на открытом воздухе, при этом сотрудники постоянно подвергаются воздействию метеорологических факторов, интенсивность которых определяется климатической зоной, временем года и погодными условиями. Одной из характерных особенностей работы животноводов является потенциальное возникновение заболеваний, передающихся от животных к человеку. В связи с переходом животноводства на промышленную основу и применением биопрепаратов, появились новые виды профессиональной патологии [13,14,15].

Гигиена сельскохозяйственного труда как наука направлена на исследование воздействия факторов окружающей среды и производственных процессов сельскохозяйственного производства на организм человека [16,17,18]. Затем на основе полученных данных разрабатываются меры по улучшению условий труда, необходимых для поддержания и укрепления здоровья работников. В целом, использование профессиональной оценки рисков позволяет снизить.

Самый большой риск — это эксплуатация оборудования. Преобладающие вредные и опасные факторы в сельском хозяйстве, с которыми нам приходится работать, действительно обширны. Сельскохозяйственная техника используется, в частности, для посадки

и сбора урожая. На ферме также можно перерабатывать фрукты и овощи, для чего также используется специальное оборудование. Устройства имеют острые и подвижные элементы, которые могут вызвать порезы, глубокие раны или даже привести к потере конечностей. Поэтому используйте предупреждающие знаки и следуйте инструкциям, приведенным в соответствующих рекомендациях [19,20,21].

В 2017 году в Приморском сельскохозяйственном закрытом акционерном обществе было проведено исследование диверсифицированной экономики, в которой эффективно развиты как растениеводство, так и животноводство. Метод ретроспективного профессионального риска был выбран для оценки риска в сельскохозяйственном секторе в целом. Оценка профессионального риска была осуществлена с помощью анкетирования и показала, что достаточно высокий уровень риска наблюдается у тракториста, оператора лесопилки, а также фрезеровщика, для других профессии он соответственно ниже. Проведенный сравнительный анализ результатов расчетов профессионального риска, полученных по применяемой методике, выявил, что наиболее высокий риск наблюдается среди работников фрезерного цеха на предприятии. Эти выводы могут быть использованы для разработки мер по улучшению условий труда и уменьшения риска травматизма на предприятии.

Безопасность и гигиена труда

Здоровье работников является наивысшим приоритетом в данном секторе, так как нарушение их безопасности и здоровья может привести к значительным рискам и нежелательным последствиям. Наряду с механическими повреждениями, в сельскохозяйственной отрасли также присутствует химическая опасность. Выращивание растений требует работы с химикатами, используемыми для опрыскивания или для укрепления и удобрения посевов. Химические вещества, используемые при выращивании растений, могут иметь очень серьезные последствия для здоровья, которые в итоге могут привести к онкологическим заболеваниям вплоть до летального исхода. Не менее опасна пыль, которая может появиться при использовании сухих удобрений, транспортировке и хранении зерна, обмолоте или деревообработке. Микрочастицы, попадающие в легкие, могут привести к серьезным профессиональным заболеваниям [22,23,24].

Работодатель в сельскохозяйственном производстве обязан иметь на рабочем месте инструменты для снижения рисков и уменьшения тяжести последствий негативного воздействия на человека. К барьерам, предотвращающим негативное воздействие на организм человека, относятся:

- организация и проведение первичных и периодических медицинских осмотров работников;

-допускаются к работе сотрудники, прошедшие обучение по своей специальности;

-организация и проведение инструктажей по охране труда, стажировки на рабочем месте, проверки знаний требований охраны труда;

-обеспечение сотрудников соответствующими средствами индивидуальной защиты от вредных и опасных факторов, имеющихся на рабочем месте;

-обеспечение персонала исправным инструментом и приспособлениями;

-обеспечение контроля за выполнением персоналом безопасных методов, а также и приемов выполнения работ (в течение рабочего дня);

-обеспечение электробезопасности;

-надлежащее техническое обслуживание зданий и сооружений;

-наличие средств для нейтрализации негативного воздействия химических веществ на органы зрения и дыхания;

-обеспечение пожарной безопасности.

Важен подход к снижению серьезности несчастных случаев на производстве, связанных с причинением вреда здоровью работников - минимизация рисков. Для снижения рисков необходимо принять следующие меры: обеспечить безопасность рабочих мест с помощью комплектов для первой помощи и основных средств пожаротушения, обеспечить безопасность рабочих мест с помощью современных средств связи, а также обучать персонал, чтобы они могли оказывать первую помощь пострадавшим на рабочем месте. Чтобы предотвратить повторение таких инцидентов, работодатель должен расследовать инциденты, связанные с травмами сотрудников, для того чтобы определить основные причины и разработать корректирующие меры для устранения опасных факторов, а также обеспечить профилактический уход за сотрудниками на аналогичных рабочих местах.

Цифровые технологии в сельском хозяйстве

Цифровые технологии могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на безопасность труда в сельском хозяйстве. С одной стороны, эти технологии могут повысить безопасность за счет автоматизации опасных задач, таких как управление крупногабаритной техникой, и предоставления данных в режиме реального времени для мониторинга и предотвращения несчастных случаев. Однако в то же время цифровые технологии могут также создавать новые опасности или усугублять существующие. Вот некоторые плюсы и минусы использования цифровых технологий в сельском хозяйстве и их влияние на безопасность труда. Положительные стороны:

-Автоматизация: Цифровые технологии, такие как автономные тракторы, беспилотные летательные аппараты и автоматизированные ирригационные системы, могут автоматизировать опасные задачи и снизить риск несчастных случаев из-за человеческой ошибки.

-Удаленный мониторинг: Мониторинг посевов, климата и состояния оборудования в режиме реального времени может помочь предотвратить несчастные случаи и повысить безопасность за счет раннего предупреждения об опасностях.

-Профилактическое техническое обслуживание: Профилактическое техническое обслуживание, основанное на данных мониторинга, может помочь обеспечить поддержание оборудования в хорошем рабочем состоянии и снизить риск несчастных случаев из-за механических неисправностей.

Отрицательные стороны:

-Кибербезопасность: Цифровые технологии уязвимы перед угрозами кибербезопасности, которые могут поставить под угрозу безопасность работников и целостность сельскохозяйственной продукции.

-Ценовые барьеры: Высокая стоимость цифровых технологий может ограничить доступ мелких и средних фермеров, создавая технологический разрыв, который усиливает существующие экономические и социально-культурные барьеры.

-Чрезмерная зависимость от технологий: Чрезмерная зависимость от цифровых технологий может привести к самоуспокоенности и недостаточному вниманию к традиционным мерам безопасности, таким как средства индивидуальной защиты и оценка опасности.

В заключение следует отметить, что цифровые технологии могут принести значительные выгоды для обеспечения безопасности труда в сельском хозяйстве, но их внедрением необходимо тщательно управлять, чтобы максимизировать их положительное воздействие. Обеспечение того, чтобы все работники имели доступ к необходимому обучению и поддержке, продвижение культуры безопасности и уделение приоритетного внимания кибербезопасности — все это будет важнейшими факторами реализации этих преимуществ.

Цель этой статьи - сосредоточить внимание на негативных компонентах, влияющих на здоровье сельскохозяйственных работников. Растениеводство и животноводство относятся к числу трудоемких отраслей, в которых в нынешних условиях вредные и опасные факторы производства могут сочетаться практически одновременно. Здоровье персонала данных производств полностью зависит, как от комфортного климата, так и благоприятной организации при комплексном выполнении работ.

Литература

1. Павлова, А. С. Экологическая безопасность, качество среды и качество жизни населения / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 448-452.
2. Таланов, И. П. Влияние приёмов основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур в звене севооборота / И. П. Таланов, М. Р. Ахметзянов, О. И. Макарова, И. И. Ярмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 4. – № 3(13). – С. 115-117.
3. Макарова, О. И. Влияние основной обработки почвы и удобрений на продуктивность растений в звене севооборота в условиях Республики Татарстан: специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство": диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макарова Ольга Ивановна. – Казань, 2010. – 171 с.
4. Гимадеев, А. М. Гигиена труда при производстве молока и молочных продуктов / А. М. Гимадеев, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 141-147.
5. Джораев, Н. Б. Методика контроля вредных веществ в воздухе / Н. Б. Джораев, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 163-169.
6. Макарова, О. И. Влияние основной обработки почвы и удобрений на продуктивность растений в звене севооборота в условиях Республики Татарстан: специальность 06.01.01 "Общее земледелие, растениеводство": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Макарова Ольга Ивановна. – Йошкар-Ола, 2010. – 24 с.
7. Исмагилов, Д. Р. Требования пожарной безопасности при постройке зданий и сооружений / Д. Р. Исмагилов, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 205-210.

8. Самигуллин, А. Н. Пожарная безопасность зданий и сооружений / А. Н. Самигуллин, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 468-473.
9. Гимаева, К. Р. Особенности проведения обучения и инструктажей по охране труда для разных категорий работников / К. Р. Гимаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 395-399.
10. Аладашвили, И. К. Современное состояние проблемы токсичности дизелей в сельском хозяйстве / И. К. Аладашвили, М. А. Зарубина, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 30-35.
11. Исмаилова, И. А. Негативное влияние вредных выбросов на человека / И. А. Исмаилова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 331-335.
12. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей дизельных силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 174-178.
13. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей бензиновых силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня

2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 170-174.

14. Мухаметзянова, З. Р. Обеспечение безопасности дорожного движения / З. Р. Мухаметзянова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 339-343.

15. Макаров, Д. М. Особенности трудовой деятельности женщин и подростков / Д. М. Макаров, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 291-299.

16. Макаров, Д. М. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего предприятия / Д. М. Макаров, А. А. Ярхамова, О. И. Макарова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 541-548.

17. Гатин, А. А. Методы контроля и мониторинга опасных и вредных факторов производственной среды / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 100-106. – EDN OCLEXY.

18. Гарифуллина, И. А. Влияние вредных производственных факторов при работе со стеклопластиком / И. А. Гарифуллина, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 390-395.

19. Макарова, О. И. Влияние вибрации и шума на организм человека / О. И. Макарова, Л. И. Бакирова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-

практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 188-192.

20. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.

21. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

22. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.

23. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.

24. Гилязова, А. Н. Способы утилизации изношенных шин / А. Н. Гилязова, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 323-327.

© Янгирова Д.В., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023

Трифонова Ангелина Сергеевна

Казанский государственный аграрный университет, Казань

angelochek.trifonova@mail.ru

Макаров Давид Моррисович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

cicerongamer@gmail.com

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

olga_180472@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Аннотация. Одним из основных обязательных критериев труда является обеспечение безопасных условий на предприятии. Основной проблемой в документообороте является бюрократия, которая занимает много времени, в связи с чем ухудшается контроль за условиями труда. На данный момент Президент Российской Федерации издал Указ, обязующий внедрять цифровые технологии в повседневную и рабочую сферы деятельности. Охрана труда переходит на электронную документацию, дистанционное наблюдение и пользование профессиональными программами.

Ключевые слова: цифровизация, охрана труда, технологии, производственная безопасность, работа.

Angelina S. Trifonova

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

angelochek.trifonova@mail.ru

David M. Makarov

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

cicerongamer@gmail.com

Olga I. Makarova

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

olga_180472@mail.ru

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES TO ENSURE SAFE WORKING CONDITIONS

Abstract. One of the main mandatory labor criteria is to ensure safe conditions at the enterprise. The main problem in the workflow is the bureaucracy, which takes a lot of time, and therefore the control over working conditions worsens. At the moment, the President of the Russian Federation has issued a Decree obliging to introduce digital technologies into everyday

and work areas of activity. Labor protection is moving to electronic documentation, remote monitoring and the use of professional programs.

Keywords: digitalization, labor protection, technologies, industrial safety, work.

Охрана труда подразумевает под собой обеспечение сотрудникам безопасности жизнедеятельности в процессе работы. В охрану труда входят номенклатурные мероприятия, основной задачей которых является целесообразность, формирование и реализация, а также финансирование мероприятий, нацеленных на усовершенствование существующих условий труда, предотвращение несчастных случаев, травм и болезней на производстве [1,2,3]. Выделяют следующие содержания номенклатурных мероприятий:

- технические и организационные;
- санитарно-гигиенические;
- лечебно-профилактические.

В настоящее время технологии и цифровые нововведения внедряются в различные сферы деятельности. Иными словами, в стране происходит цифровая трансформация, которая была установлена Указом Путина В. В. от 21.07.2020 № 474.

Цифровая трансформация в охране труда необходима для повышения эффективности и безопасности рабочих процессов, улучшения условий труда для сотрудников, снижения рисков производственных травм и заболеваний, а также для соблюдения требований законодательства в области охраны труда. Она позволяет использовать новые технологии для мониторинга условий труда, автоматизации процессов и анализа данных, что помогает выявлять проблемы и предотвращать возможные опасности на рабочем месте. Кроме того, цифровая трансформация в охране труда может улучшить взаимодействие между работниками и руководством, а также помочь в обучении персонала и повышении его квалификации.

На данный момент цифровые технологии внедряются в различные сферы деятельности, появляются федеральные законы и постановления, требующие использование цифровизации, в том числе данные новшества касаются предприятий.

Под цифровизацией охраны труда подразумевают укоренение современных цифровых технологий с целью повышения производственной эффективности предприятия и обеспечения безопасности во время работы.

На данный момент цифровизация для обеспечения безопасных условий труда используется в:

1. Документообороте;
2. Организации и проведении медосмотров;
3. Фиксации несчастных случаев;
4. Систематизации задач;

5. Учете персонала;
6. Обеспечении индивидуальными и коллективными средствами защиты;
7. Организации контроля на предприятии.

После указа Президента от 21.07.2020 № 474, появилась необходимость рассмотреть возможность внесения изменений в законодательство за 2020–2021 гг. в сфере охраны труда и их влияние на обеспечение безопасных условий труда.

Так, 377 Федеральный закон, принятый в 2021 году, дал охране труда полное право юридически фиксировать документы в цифровом варианте.

В научно-исследовательской области контроля за безопасностью производства работ необходимо использовать определенные инструменты. Один из них — это приборы, устройства и оборудование, которые позволяют наблюдать за процессом работ на расстоянии. Также можно применять комплексы и системы из нескольких приборов, устройств и оборудования [4,5,6].

Важной особенностью таких инструментов является возможность фиксации процессов производства работ с помощью дистанционного видео-, аудио- или иного типа записи. Полученная информация может оставаться в хранилище для последующего использования.

Такой подход может значительно повысить уровень безопасности производства работ и предотвратить возможные несчастные случаи. Кроме того, использование таких устройств позволяет проводить мониторинг работ на предмет соблюдения правил техники безопасности и выявления возможных нарушений [7,8,9].

Использование цифровых технологий обеспечивает:

- Принятие ответственности работодателей к процессам охраны труда за счёт доступности материалов;
- Эффективное оценивание выполнения поставленных задач по проведению мероприятий, влияющих на снижение травматизма
- Наблюдение за соответствием прав сотрудника на безопасные условия труда.

Для сотрудника предприятия отмечены следующие преимущества:

- Возможность получать всю необходимую ему информацию по охране труда в доступных цифровых источниках информации;
- Гарантия обеспечением СИЗ и соблюдением установленных прав на условия для безопасного труда;
- Возможность изучения результатов оценивания условий труда на рабочем месте [10,11,12].

Соискателям же это позволяет узнать честный рейтинг организации, ознакомиться с рабочим местом и состоянием охраны труда на предприятии.

Процесс цифровизации даст возможность сократить бюрократию и перейти к использованию цифровых записей в информационной системе, которая базируется на общедоступности. В первую очередь, цифровизация деятельности охраны труда затронула документооборот, сменяя бумажную волокиту электронным вариантом документации:

- Онлайн обучение сотрудников;
- Электронные журналы и ведомости;
- Учет медицинского осмотра и СИЗ;
- Учет несчастных случаев, травм, заболеваний;
- Контроль соблюдения безопасных условий работы;
- Оценивание профессиональных рисков;
- План проведения мероприятий по охране труда;
- Экономические расчеты.

Одной из высокотехнологических возможностей, доступных предприятиям, является система дистанционного наблюдения за безопасностью труда [13,14,15]. С помощью этой системы предоставляется доступ к электронным базам данных, содержащим информацию о состоянии безопасности на производстве, и охране труда на рабочем месте. В соответствии с российским законодательством, федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на осуществление федерального контроля за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, имеет право получать доступ к этим электронным базам данных. Также территориальные органы этого федерального органа, такие как государственные инспекции труда в субъектах Российской Федерации, имеют право на получение такой информации.

Такой подход к охране труда на предприятиях позволит избежать нарушений трудового законодательства, обеспечить безопасность сотрудников и создать благоприятные условия для производства [16,17,18].

Для наблюдения за порядком и соблюдением техники безопасности, предотвращения несчастных случаев на предприятии сотрудники используют:

- GPS-навигатор;
- Встроенные системы мониторинга, которые наблюдают за здоровьем и состоянием работника;
- Стационарные компьютеры;
- WEB приложения.

Рассматривая новшества цифровых технологий, были обнаружены разработки, касаемые охраны труда.

1С: Производственная безопасность. Охрана труда и Охрана труда 1С: Предприятие 8. Программа необходима инженеру по охране труда для учета задач, доведения до автоматизации процессов охраны труда на предприятии, а также сортировки и наблюдением по блокам

за персоналом, компенсациями, несчастными случаями, допусками, медосмотрами.

VR реальность для обучения и повышения качества подготовки сотрудников. Данная цифровизация помогает в экономии финансирования дорогостоящего обучения кадров, дает большую вовлеченность в тренинг. Тренажеры воспроизводят панорамную модель нужной производственной площадки и способны отлично имитировать различные тренировочные режимы работы необходимого оборудования, также самые редкие и опасные, чрезвычайные ситуации.

«Электронная система медицинского осмотра» (ЭСМО) направлена на автоматизацию массовых медосмотров сотрудников за короткий промежуток времени. Система оперативно выносит вердикт о допуске-отстранении сотрудника от работы по медицинским показаниям. Также все справки и заключения можно официально заверить электронной печатью после цифровой подписи врача. Наблюдает за доступом и посещением рабочих объектов сотрудников без медицинских отклонений.

Hurma System – это современная система, нацеленная на управление и наблюдение за сотрудниками. Данный проект позволяет контролировать и ускорять процессы HR, ставить задачи для рекрутинга, оценивать эффективность персонала, управлять обучением.

Таким образом, цифровые технологии обеспечивают быстрый доступ к необходимым сведениям, касающихся охраны труда, а также позволяют автоматизировать, систематизировать информацию и облегчают наблюдение за соблюдением прав кадров на безопасные условия труда [19,20,21,22,23].

Литература

1. Гимаева, К. Р. Охрана труда при работе в офисных помещениях / К. Р. Гимаева, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 123-129.
2. Гатин, А. А. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 107-113.

3. Бушуев, А. В. Разработка мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах / А. В. Бушуев, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 9-15.
4. Иванников, А. С. Проведение сертификации производственных объектов на соответствие требованиям охраны труда / А. С. Иванников, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 404-408.
5. Аладашвили, И. К. Современное состояние проблемы токсичности дизелей в сельском хозяйстве / И. К. Аладашвили, М. А. Зарубина, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 30-35.
6. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.
7. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.
8. Макарова, О. И. Актуальность проведения аттестации рабочих мест в современном мире / О. И. Макарова, И. И. Замалиев // Современное

состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 163-166.

9. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

10. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

11. Бушуев, А. В. Оценка и анализ вредного воздействия вибрации для человека, способы защиты от вибрации / А. В. Бушуев, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 386-390.

12. Гарифуллина, И. А. Влияние вредных производственных факторов при работе со стеклопластиком / И. А. Гарифуллина, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 390-395.

13. Гимаева, К. Р. Особенности проведения обучения и инструктажей по охране труда для разных категорий работников / К. Р. Гимаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ,

профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 395-399.

14. Кириллов, Е. В. Меры предотвращения аварийных ситуаций с участием сжиженного природного газа / Е. В. Кириллов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 335-339.

15. Павлова, А. С. Экологическая безопасность, качество среды и качество жизни населения / А. С. Павлова, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 448-452.

16. Макарова, О. И. Разработка системы освещения в производственных помещениях / О. И. Макарова, В. Р. Гильмуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 184-188.

17. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.

18. Иванников, А. С. Система управления отходами / А. С. Иванников, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 327-331.

19. Макарова, О. И. Особенности охраны труда на производстве / О. И. Макарова // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях

глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 229-232.

20. Исмаилова, И. А. Негативное влияние вредных выбросов на человека / И. А. Исмаилова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 331-335.

21. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.

22. Ways to reduce carbon dioxide emissions from arable machinery and tractor units / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20225200025.

23. Макарова, О. И. Влияние вибрации и шума на организм человека / О. И. Макарова, Л. И. Бакирова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 188-192.

©Трифенова А.С., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023

УДК: 331.453

Абдуллин Рустам Фаизович

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

Яруллин Фанис Фаридович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: fanis4444@mail.ru

ПРИЗНАКИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА И ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация. В статье рассматриваются признаки опасного производственного объекта и требования к нему по обеспечению безопасности в свете постоянного развития мира и появления все большего количества опасных производственных объектов, которые могут угрожать здоровью и жизни людей, а также окружающей среде.

Ключевые слова: опасный производственный объект, требования безопасности, токсичные материалы, высокий уровень шума, высокие уровни тепла или давления, нормативные требования, обучение работников, средства защиты, системы реагирования, проверки состояния оборудования, экологическая безопасность, безопасность работников и окружающей среды, ответственность работодателя.

Abdullin Rustam Faizovich

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

Yarullin Fanis Faridovich

e-mail: fanis4444@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan

SIGNS OF A HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY AND SAFETY REQUIREMENTS

Abstract. The article discusses the signs of a hazardous production facility and the requirements for ensuring safety in light of the constant development of the world and the emergence of an increasing number of hazardous production facilities that may threaten the health and lives of people as well as the environment.

Key words: hazardous industrial object, safety requirements, toxic materials, high noise level, high levels of heat or pressure, regulatory requirements, worker training, protective equipment, response systems, equipment monitoring, environmental safety, worker and environmental safety, employer responsibility.

Современный мир развивается быстрыми темпами, и с каждым годом все больше появляется опасных производственных объектов, которые могут представлять угрозу для здоровья и жизни людей, а также для окружающей среды. Для снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на таких объектах были разработаны определенные признаки опасного производственного объекта и требования к нему по обеспечению безопасности. Таким образом, мы можем понять, что современные производства непосредственно представляют угрозу для окружающей среды и общественной безопасности [1,2,3]. Цель данной статьи— рассмотрение признаков опасного производственного объекта и требований к нему по обеспечению безопасности.

Опасный производственный объект может быть любым объектом, который способен рисковать здоровьем и жизнью людей, равно как и окружающей среды. Существует несколько признаков, которые указывают на то, что производственный объект может представлять опасность:

- токсичные материалы (производственный объект, содержащий токсичные материалы такие как ртуть, свинец, асбест и т.д., считается опасным, так как они могут привести к травмам, аллергическим реакциям, отравлениям и другим заболеваниям) [4,5,6];

- высокие уровни шума и вибрации (производственный объект, где имеется высокий уровень шума, является потенциальной угрозой здоровью людей. Это может приводить к потере слуха, нервным расстройствам и другим проблемам со здоровьем) [7,8,9];

- высокие уровни тепла (высокие уровни тепла, которые производятся на производственном объекте, могут привести к опасному загрязнению воздуха и увеличению риска возгорания) [10,11,12];

- высокие уровни давления (производственный объект может быть опасен, если он содержит высоконагруженные системы, которые могут привести к взрывам с угрозой для жизни и здоровья работников и окружающей среды);

- транспортировка опасных материалов (транспортировка опасных материалов, таких как химические вещества, радиоактивные материалы или взрывчатые вещества, может представлять угрозу для общественной безопасности в случае аварии) [13,14,15].

Обеспечение безопасности на опасных производственных предприятиях является одной из самых важных задач, поскольку ошибки и несоблюдение правил безопасности могут привести к катастрофическим последствиям для жизни и здоровья работников, а также для окружающей среды [16,17,18]. Прежде всего, на опасных производствах необходимо проводить комплексные оценки рисков и разрабатывать меры по их минимизации. Помимо этого, работникам необходимо обеспечить профессиональную подготовку и обучение по

вопросам техники безопасности, а также наладить систему контроля и надзора за их выполнением [19,20,21].

Важным условием обеспечения безопасности на опасных производствах является наличие эффективных систем предотвращения аварий, включая системы контроля за утечками, датчики газа и т.д., а также регулярные проверки и контроль за состоянием технических систем [22,23,24]. Также необходимо наличие подробных проектов эвакуации и действий в случае возникновения аварийной ситуации. Важным фактором является также использование специальной одежды и средств индивидуальной защиты, таких как маски, перчатки, костюмы и т.д., а также регулярная проверка и замена изношенных средств защиты [25].

Кроме того, на опасных производствах необходимо строго соблюдать требования технических стандартов и нормативных документов, а также убедиться в правильной установке и эксплуатации оборудования. Наконец, для обеспечения безопасности на опасных производствах необходима тесная координация между подразделениями, включая подразделения по охране труда, управление производством, безопасностью, экологической безопасностью и т.д. Исходя из выше сказанного, основополагающими критериями для обеспечения безопасности на опасных производственных объектах являются:

1. Соблюдение нормативных требований безопасности (производственные объекты должны соответствовать нормативным требованиям безопасности, установленным государственными органами регулирования, такими как Министерство по чрезвычайным ситуациям или инспекторат охраны труда. Нормативные требования включают в себя правила обращения с опасными материалами, сокращения рисков, связанных с производством и другие мероприятия);

2. Обучение и образование (работники производственных объектов должны регулярно проходить обучение по обращению с опасными материалами, использованию средств защиты, безопасной эксплуатации оборудования и эффективной реакции в случае чрезвычайных ситуаций);

3. Внедрение мер безопасности (обеспечение безопасности на производственных объектах можно достигнуть путем использования средств защиты, средств индивидуальной защиты, процедур безопасности и систем реагирования на чрезвычайные ситуации);

4. Регулярные проверки (производственные объекты должны регулярно контролироваться, чтобы выявить потенциальные угрозы и обеспечить соответствие нормативным требованиям безопасности. Контроля подлежат состояние оборудования, соответствие требованиям экологической безопасности, проверка средств индивидуальной защиты работников и другие аспекты).

Классы опасности производственного объекта — это система классификации, которая используется для оценки уровня риска и определения мер безопасности на производстве. Каждый класс имеет свои характеристики и требования к обеспечению безопасности.

Существует несколько различных систем классификации, но одной из самых распространенных является ГОСТ Р 12.1.007-76 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". Согласно этому стандарту, все вещества делятся на четыре основных класса:

1) Взрывоопасные вещества (класс А). Это материалы или газы, которые могут вызвать пожар или взрыв при контакте с открытым огнем или другим источником тепла.

2) Очень токсичные (класс Б). Это ядовитые газы или жидкости, которые могут привести к серьезным последствиям для здоровья людей при ингаляции даже небольших количеств.

3) Токсичные (класс В). Это материалы или пары, которые могут вызвать различные заболевания и отравления при длительном воздействии.

4) Вредные (класс Г). Это материалы, которые не являются токсичными или взрывоопасными, но все же могут привести к различным заболеваниям и повреждениям организма при длительном контакте.

Каждый класс имеет свой уровень опасности и требует соответствующих мер безопасности. Например, для работы с веществами класса А необходимы специальные условия, такие как взрывозащитное оборудование и системы вентиляции. Для работы с токсичными материалами класса Б и В необходимо использовать защитную экипировку, а также проводить регулярный мониторинг уровня концентрации веществ.

Классификация опасности производственного объекта позволяет оценить риски для здоровья работников и окружающей среды, а также разработать соответствующие меры безопасности. При этом следует помнить, что каждый производственный объект имеет свои особенности и требует индивидуального подхода к оценке опасностей.

Признаки опасного производственного объекта могут быть различными, в зависимости от его вида. Тем не менее, все опасные объекты имеют основные характеристики, которые необходимо учитывать при обеспечении безопасности на производстве.

Законы о промышленной безопасности являются одними из самых важных нормативных актов, которые регулируют деятельность предприятий и организаций в различных отраслях экономики. Они направлены на обеспечение безопасности работников, сохранение имущества и окружающей среды.

Основные законы о промышленной безопасности устанавливают требования к проектированию, строительству и эксплуатации объектов

промышленного назначения. В частности, это коснется таких аспектов как:

- Пожарная безопасность;
- Электробезопасность;
- Безопасное хранение определенных видов материалов (горючие жидкости, газы);
- Обеспечение услуг по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

Каждый работодатель должен заботиться о своих сотрудниках: проводить инструктаж по правилам работы на производстве; выдавать необходимую защитную экипировку; контролировать состояние рабочего места. Также он должен следить за тем чтобы все его подчинённые были здоровы и не находились под воздействием алкоголя или других опасных веществ.

Нарушение законов о промышленной безопасности может повлечь за собой серьезные последствия, как для работников, так и для самого предприятия. Поэтому каждый работодатель должен строго следить за соблюдением этих нормативных актов.

Организации, эксплуатирующие опасный производственный объект, должны соблюдать строгие правила и нормы безопасности. Это необходимо для предотвращения возможных аварий и катастроф на объекте.

Такие организации обязаны проводить регулярные проверки технического состояния оборудования и инженерных систем, а также контролировать работу персонала. В случае выявления каких-либо нарушений или дефектов в работе оборудования необходимо принимать меры по устранению этих проблем.

Кроме того, организации должны иметь план действий в случае чрезвычайной ситуации (ЧС) на объекте. Этот план должен быть разработан заранее и содержать все необходимые мероприятия по ликвидации последствий ЧС.

Ответственность за безопасность при эксплуатации опасного производственного объекта лежит полностью на организациях-эксплуататорах. Они должны следить за выполнением всех требований законодательства в этой области и готовиться к любому возможному сценарию.

В общем и целом, эксплуатация опасных производственных объектов является ответственным и сложным делом. Организации, занимающиеся этой деятельностью, должны быть готовы к любым вызовам и всегда следить за безопасностью своих работников и окружающей среды.

Обеспечение безопасности на опасном производственном объекте является одной из важнейших задач для любой компании. Для этого необходимо проводить регулярные мероприятия, направленные на минимизацию рисков и предотвращение возможных аварий:

- разработка полного плана действий при чрезвычайных ситуациях. Этот план должен содержать информацию о том, какие меры следует принимать в случае возникновения различных видов аварий: от пожаров до химических утечек;

- анализ всех потенциально опасных зон на производстве и выделить основные факторы риска. Например, это может быть недостаточная вентиляция или неправильное хранение материалов;

- установление систем контроля за температурой и давлением, создание специального склада для хранения определённой группы материалов или жидкостей с повышенным риском возгорания или отравления персонала;

- регулярные тренировки сотрудников по действиям при возникновении аварийных ситуаций. Это поможет им быстро и правильно реагировать на любые угрозы безопасности, а также минимизировать возможный ущерб для производства и окружающей среды.

Обеспечение безопасности на опасном производственном объекте – это сложный и многолетний процесс. Однако благодаря своевременным мерам по устранению факторов риска и проведению тренировок сотрудников, можно значительно снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Кроме того, необходимо также следить за соответствием всех используемых материалов и оборудования стандартам безопасности. В случае выявления каких-либо неполадок или отклонений от нормы необходимо принимать меры по замене или ремонту этих элементов.

Также важно проводить анализ каждой аварии для того чтобы понять её причину и предпринять действия для её предотвращения в будущем. Это поможет компании избежать повторного возникновения подобной аварии в будущем, но и нельзя забывать о правильной информированности персонала о правилах работы на опасном производственном объекте: все работники должны быть осведомлены о потенциальных угрозах при выполнении своей работы, а также иметь доступ к инструкциям и руководствам по безопасности.

Обеспечение безопасности на опасном производственном объекте – это комплексный подход, который включает в себя множество различных мероприятий. Однако благодаря правильной организации работы и своевременным действиям можно значительно уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций и защитить жизни людей.

Таким образом, современное производство направлено на создание новых и безопасных промышленных объектов, однако существующие опасные производственные объекты, тоже могут быть сделаны безопасными путем соблюдения определенных требований. Работа на опасных производственных объектах – это серьезная ответственность, и ее необходимо воспринимать очень серьезно.

Обеспечение безопасности работников и окружающей среды должно быть приоритетом для каждого работодателя. Все эти меры необходимы для обеспечения безопасности на опасных производственных объектах и минимизации рисков для здоровья работников.

Литература

1. Бушуев, А. В. Разработка мероприятий по снижению риска аварий на опасных производственных объектах / А. В. Бушуев, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 9-15. – EDN KTJEIJ.
2. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.
3. Гатин, А. А. Методы контроля и мониторинга опасных и вредных факторов производственной среды / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 100-106. – EDN OCLEXY.
4. Мухаметзянова, З. Р. Комплексная безопасность АЗС / З. Р. Мухаметзянова, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 241-247. – EDN YLMSVQ.
5. Гатин, А. А. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / А. А. Гатин, Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 107-113. – EDN HYBHGZ.

6. Макаров, Д. М. Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочем месте аппаратчика нефтеперерабатывающего предприятия / Д. М. Макаров, А. А. Ярхамова, О. И. Макарова // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 541-548.
7. Бушуев, А. В. Оценка и анализ вредного воздействия вибрации для человека, способы защиты от вибрации / А. В. Бушуев, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 386-390.
8. Макарова, О. И. Влияние вибрации и шума на организм человека / О. И. Макарова, Л. И. Бакирова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 188-192.
9. Юмаева, Л. С. Разработка мероприятий по снижению уровня вибрации на промышленной площадке / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 384-388.
10. Макарова, О. И. Разработка системы освещения в производственных помещениях / О. И. Макарова, В. Р. Гильмуллин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 184-188.
11. Кириллов, Е. В. Меры предотвращения аварийных ситуаций с участием сжиженного природного газа / Е. В. Кириллов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года.

– Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 335-339.

12. Исмагилов, Д. Р. Требования пожарной безопасности при постройке зданий и сооружений / Д. Р. Исмагилов, О. И. Макарова // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 205-210.

13. Макаров, Д. М. Обеспечение пожарной безопасности АЗС / Д. М. Макаров, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 212-218. – EDN QVTAYX.

14. Мухаметзянова, З. Р. Обеспечение безопасности дорожного движения / З. Р. Мухаметзянова, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 339-343.

15. Аладашвили, И. К. Современное состояние проблемы токсичности дизелей в сельском хозяйстве / И. К. Аладашвили, М. А. Зарубина, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 30-35.

16. Иванников, А. С. Проведение сертификации производственных объектов на соответствие требованиям охраны труда / А. С. Иванников, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 404-408.

17. Бадрутдинов, А. К. Оценка состояния охраны труда, показатели по охране труда / А. К. Бадрутдинов, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора,

академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 382-386.

18. Макарова, О. И. Актуальность проведения аттестации рабочих мест в современном мире / О. И. Макарова, И. И. Замалиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 163-166.

19. Макарова, О. И. Особенности охраны труда на производстве / О. И. Макарова // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции, Казань, 07 декабря 2016 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 229-232.

20. Макарова, О. И. Специальная оценка условий труда / О. И. Макарова, И. А. Пашин // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 192-196.

21. Гимаева, К. Р. Особенности проведения обучения и инструктажей по охране труда для разных категорий работников / К. Р. Гимаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 395-399.

22. Юмаева, Л. С. Влияние тяжелых металлов на работника керамической промышленности / Л. С. Юмаева, О. И. Макарова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 457-461.

23. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей бензиновых силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 170-174.
24. Аладашвили, И. К. Улучшение экологических показателей дизельных силовых агрегатов / И. К. Аладашвили, О. И. Макарова // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 174-178.
25. Садрутдинов, Д. И. Совершенствование системы управления охраной труда / Д. И. Садрутдинов, О. И. Макарова // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 343-347.

© Абдуллин Р.Ф., Яруллин Ф.Ф. 2023

Садыков Арслан Рафаилович

*Казанский государственный аграрный университет, Казань
equus116@mail.ru*

Макаров Давид Моррисович

*Казанский государственный аграрный университет, Казань
cicerongamer@gmail.com*

Макарова Ольга Ивановна

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
*Казанский государственный аграрный университет, Казань
olga_180472@mail.ru*

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Аннотация. В данной работе представлен комплекс мероприятий, направленный на снижение производственного травматизма. Дано определение понятия производственный травматизм, приведена классификация несчастных случаев по различным условиям. В статье изложена классификация вредных производственных факторов. На основе анализа был выделен основной ряд причин возникновения производственного травматизма, на основании которого составлен ряд мероприятий, который направлен на снижение уровня получения травм на производстве.

Ключевые слова: вредный производственный фактор, производственный травматизм, несчастные случаи.

Abdullin Rustam Faizovich

Student

Kazan State Agrarian University, Kazan

e-mail: rustam-abdullin-2000@mail.ru

Yarullin Fanis Faridovich

Candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State Agrarian University, Kazan

e-mail: fanis4444@mail.ru

DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE OCCUPATIONAL INJURIES

Abstract. This paper presents a set of measures aimed at reducing occupational injuries. The definition of the concept of industrial injuries is given, the classification of accidents according to various conditions is given. The article describes the classification of harmful production factors. Based on the analysis, the main number of causes of occupational injuries was identified, on the basis of which a number of measures were drawn up, which is aimed at reducing the level of injuries at work.

Keywords: harmful production factor, industrial injuries, accidents.

Человек ежедневно подвергается опасности на производстве. Это связано как с особенностями трудовой деятельности, так и с ошибками, которые допускают большинство людей [1,2,3]. Поэтому, первоочередной задачей любого работодателя должно являться обеспечение безопасности работников как во время выполнения своих трудовых обязанностей, так и при нахождении на территории предприятия в целом [4,5,6,7].

Производственный травматизм – это явление в производственной отрасли, связанное с получением травм различных степеней тяжести работниками, при выполнении своих трудовых обязанностей [8,9,10,11]. Как правило, производственная травма возникает при нарушении местных и общих инструкций по охране труда, не применении средств индивидуальной и коллективной защиты, а также при неправильном применении инструментов, приспособлений и иного инвентаря, либо при их неисправности [12,13,14,15]. Следствием производственной травмы является нарушение нормальной деятельности работника, временное или постоянное ограничение его возможностей и т.д. Производственная травма относится к несчастным случаям на производстве и попадает под классификацию несчастных случаев:

1. По количеству пострадавших:

- одиночные (когда пострадал один человек);
- групповые (когда пострадали двое или более людей).

2. По тяжести

- легкие (получение синяков, ссадин, порезов);
- средние (получение ушибов, вывихов, растяжений);
- тяжелые (получение сотрясения мозга, перелом костей);
- летальный исход (смерть).

3. По обстоятельствам происшествия:

- травмы, полученные на производстве во время выполнения работы;
- травмы, полученные на производстве во время нахождения на территории предприятия;
- травмы, полученные за пределами территории предприятия [16,17,18].

За травмы, полученные на территории предприятия, работодатель несет ответственность, а человеку, получившему травму, производят выплату – пособие в связи с временной нетрудоспособностью, который рассчитывается из средней заработной платы. Если человек, в следствии получения травмы, получает инвалидность, ему назначают пенсию и возмещают ущерб в связи с

потерей трудоспособности в размере разницы между среднемесячной заработной платы и пенсией по инвалидности.

Помимо получения производственных травм, человек на производстве подвергается вредным производственным факторам, которые также оказывают губительное влияние на организм человека. Влияние вредных производственных факторов возникает как из-за особенностей производственной деятельности, так и из-за несоблюдения различных требований и правил по охране труда. Вредные производственные факторы также имеют свою классификацию по воздействию на организм человека:

1. Физические. К данной группе относятся уровень освещенности, уровень шума, воздействие вибрации и т.д.;
2. Химические:
 - по характеру воздействия на органы человека: токсичные, раздражающие, мутагенные и т.д.;
 - по пути проникновения в организм: через органы дыхания, через кожные покровы или слизистые оболочки и т.д.;
3. Биологические:
 - патогенные микроорганизмы;
 - растения, животные;
4. Психофизиологические:
 - физические перегрузки (статические/динамические перенапряжения);
 - нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонный труд и т.д.) [19,20,21,22].

В общем случае, вредным производственным фактором является такой фактор, который при постоянном воздействии на организм работника, может привести к заболеванию либо к снижению работоспособности вплоть до ее полной потери.

Для составления ряда мероприятий, направленных на снижение производственного травматизма, необходимо выявить основные причины травматизма на производстве. На практике выделяют следующий ряд причин возникновения травматизма:

- Организационные. Данная группа связана с неудовлетворительным обучением персонала, неправильным применением средств индивидуальной и коллективной защиты, неправильным применением инструментов, материалов и т.д.;
- Технические. Данная группа связана с несовершенством технологических процессов, а также с работой с неисправными или не сертифицированными инструментами;
- Санитарно-гигиенические. Данная группа связана с недопустимым уровнем содержания вредных веществ в воздухе, а также с недопустимым уровнем шума и вибраций;

- Социально-психологические. Данная группа отражает микроклимат в коллективе;
- Климатические. Данная группа отражает микроклимат окружающей среды на предприятии (влажность, температура, условия труда);
- Биографические. Данная группа связана с полом, возрастом, стажем работы, квалификацией и состоянием здоровья работника [23,24].

На основании ряда основных причин возникновения травматизма на производстве можно разработать ряд мероприятий как по профилактике, так и по снижению уровня производственного травматизма. Данный ряд мероприятий включает в себя вопросы охраны труда, внедрения современных методов организации безопасного проведения любой работы. Условно данные мероприятия делят на:

- Законодательные. Определяют права и обязанности работников данной организации в области охраны труда, т.е. определяют график работы, продолжительность рабочего дня и отдыха, санитарные нормы в рабочей зоне, размеры компенсаций за вредное производство и возмещение ущерба пострадавшим и т.д.
- Организационные. Утверждают внедрение систем управления охраной труда, обучение работников, обеспечение необходимыми инструкциями, а также отвечают за составление местных инструкций по охране труда.
- Технические. Предусматривают внедрение автоматизированных процессов в отраслях вредного производства, а также отвечают за разработку и внедрение инновационных безопасных систем и технологий. Также данная группа отвечает за внедрение предохранительных, сигнализирующих и блокировочных устройств.
- Медико-профилактические. Определяют предварительные и периодические медицинские осмотры, на основании которых возможно бесплатное обеспечение лечебно-профилактическим процедурам.
- Экономические. Отражают мероприятия по материальному стимулированию работников за безопасное и качественное выполнение трудовых обязательств [25].

Также для снижения частоты производственного травматизма необходимо принимать следующие меры:

- вести аналитику частоты и тяжести полученных травм, встречающихся на конкретном производстве и выявить группу лиц, которая наиболее подвержена тем или иным видам травм. Также необходимо выявить условия, при которых возникают те или иные травмы;

- вести анализ причин травматизма и по возможности предотвращать подобные ситуации путем проведения внеплановых инструктажей или изданием приказов;
- планировать контрольные проверки исполнения всех требуемых мероприятий;
- осуществлять мероприятия, направленные на снижение производственного травматизма;
- вести мониторинг и анализ эффективности принимаемых мер, направленных на снижение производственного травматизма.

При разработке мероприятий, направленных на улучшение условий труда, важным моментом является внедрение новых, современных технологий в области механизации и автоматизации технологических процессов, внедрение новой вычислительной техники и т.д. Как показывает практика, осуществление мероприятий, которые направлены на снижение производственного травматизма и улучшения условий труда, ведут к профессиональному росту работников, к росту их производительности, что в конечном итоге ведет к сокращению потерь на производстве.

Литература

1. Шакиров, И.З. Влияние освещения на условия труда / И.З. Шакиров, Ф.Ф. Яруллин. – Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации / Труды I-ой Международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2020. – С. 380-384.
2. Макаров, Д.М. Особенности трудовой деятельности женщин и подростков / Д.М. Макаров, О.И. Макарова, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Динамика механических систем. материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева. – Казань, 2021. С. 291-299.
3. Мишина, Е.А. Комплексная безопасность АЗС / Е.А. Мишина, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань, 2021. С. 314-321.
4. Яруллин, Ф.Ф. Совершенствование системы безопасности на предприятии / Ф.Ф. Яруллин, А.А. Рахматуллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. Труды III международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2019. – С. 213-216.
5. Патент № 2442304 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010122370/13; заявл. 01.06.2010; опубл, 20.02.2012, Бюл. № 5.
6. Аладашвили, И.К. Теоретическое исследование параметров подаваемого дополнительного воздуха для принудительного завихрения заряда / И.К. Аладашвили, О.И. Макарова, Ф.Ф. Яруллин //

Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 3 (54). – С. 87-91.

7. Патент № 98857 РФ. Комбинированное почвообрабатывающее орудие / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010123389/21; заявл. 08.06.2010; опубл, 10.11.2010, Бюл. № 31.

8. Нуртдинова, А.Т. Охрана труда и производственный травматизм / А.Т. Нуртдинова, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань, 2021. С. 379-386.

9. Яруллин, Ф.Ф. Результаты полевых исследований почвообрабатывающего орудия с эллипсоидными дисками / Ф.Ф. Яруллин, Р.И. Ибяттов, С.М. Яхин, Р.Х. Гайнутдинов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 2 (53). – С. 123-127.

10. Фасхутдинов, И.И. Мероприятия противопожарной защиты на предприятии / И.И. Фасхутдинов, Ф.Ф. Яруллин. – Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации / Труды I-ой Международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2020. – С. 368-372.

11. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 264 с.

12. Патент № 2433582 РФ. Рабочий орган почвообрабатывающего орудия / Валиев А.Р., Макаров П.И., Яруллин Ф.Ф., Хамидуллин Н.Н.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2010112133/21; заявл. 29.03.2010; опубл, 20.11.2011, Бюл. № 32.

13. Гатауллин, И.Н. Влияние освещения на трудоспособность рабочих / И.Н. Гатауллин, Ф.Ф. Яруллин, Лу Цзин. – Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации / Труды I-ой Международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2020. – С. 319-323.

14. Яруллин, Ф.Ф. Практикум по дисциплине «Безопасность производственных процессов» / Ф.Ф. Яруллин, И.Н. Гаязиев, О.И. Макарова – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2020, -32 с.

15. Патент № 84179 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И. и др.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. №2009110704/22; заявл. 24.03.2009; опубл, 10.07.2009, Бюл. № 19.

16. Патент № 2400035 РФ. Луцильник ротационный / Валиев А.Р., Яруллин Ф.Ф., Макаров П.И., Сафиуллин Р.Г.; заявитель и

патентообладатель Казанский ГАУ. № 2009111149/21; заявл. 26.03.2009; опубл, 27.09.2010, Бюл. № 27.

17. Патент № 178960 РФ. Рабочий орган культиватора-плоскореза / Булгариев Г.Г., Яруллин Ф.Ф., Валиев А.Р., Мухамадъяров Ф.Ф.; заявитель и патентообладатель Казанский ГАУ. № 2017145173; заявл. 21.12.2017; опубл, 24.04.2018, Бюл. № 12.

18. Гимадеев, А.М. Вентиляционная система в производственном помещении / А.М. Гимадеев, Д.М. Макаров, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации. Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина. Казань, 2022. С. 114-122.

19. Джораев, Н.Б. Охрана труда для офисных работников / Н.Б. Джораев, Д.М. Макаров, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации. Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина. Казань, 2022. С. 145-152.

20. Абдуллин, Р. Ф. Разработка стеллажного подъемника / Р. Ф. Абдуллин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 3-8.

21. Абдуллин, Р. Ф. Разработка подъемника для складского хозяйства / Р. Ф. Абдуллин, М. Н. Калимуллин, М. З. Салимзянов // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 63-69.

22. Яруллин, Ф.Ф. Разработка и обоснование параметров ротационного орудия для поверхностной обработки почвы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Казань. – 2015. – 22 с.

23. Самигуллин, Н.И. Современные технологии систем вентиляции и кондиционирования воздуха производственных помещений / Н.И. Самигуллин, И.Н. Гаязиев, О.И. Макарова, Ф.Ф. Яруллин // Студенческая наука-аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 172-174 с.

24. Сабирзянова, Г.Р. Противопожарная защита цеха / Г.Р. Сабирзянова, Ф.Ф. Яруллин // В сборнике: Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности. Научные труды международной научно-практической конференции. – Казань, 2021. С. 432-438.

© Садыков А.Р., Макаров Д. М., Макарова О.И., 2023.

Хайдаров Нияз Айратович

Магистр

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Хафизов Камиль Абдулхакович

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

fts-kgau@mail.ru

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НА ВСХОЖЕСТЬ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. Статья посвящена разработке программы и методики экспериментальных исследований для выявления возможности использования выхлопных газов дизельных двигателей внутреннего сгорания в качестве удобрения для яровой пшеницы сорта Ульяновская 105. Разработанная методика посвящена выявлению влияния выхлопных газов, полученных из двигателя, на рост и развитие яровой пшеницы. В данных экспериментах удобрением являются сами выхлопные газы (ВГ) двигателя. Обработке ВГ подвергаются или почва перед посевом, или вода для полива или сами семена. На контроле все материалы чистые – не обработанные. В сочетании с чистой почвой или чистой водой, или чистыми семенами предусмотрено проведение восьми опытов в различных сочетаниях обработанного и необработанного материалов. Каждый опыт проводится в трехкратной повторности согласно рекомендациям «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова. В емкости высеваются по 25 семян и ведется наблюдение за всхожестью и развитием растений. Необходимые данные заносятся в журнал наблюдений.

Ключевые слова. Выхлопные газы, диоксид углерода, удобрения, всхожесть семян.

Niyaz A. Khaydarov

master

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

Camil A. Khafizov

doctor of technical sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

**METHODOLOGY FOR CONDUCTING LABORATORY STUDIES
TO STUDY THE EFFECT OF EXHAUST GASES ON THE
GERMINATION AND DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT**

Abstract. The article is devoted to the development of a program and methodology of experimental studies to identify the possibility of using exhaust gases of diesel internal combustion engines as a fertilizer for spring wheat of the Ulyanovsk 105 variety. The developed methodology is devoted to identifying the effect of exhaust gases obtained from the engine on the growth and development of spring wheat. In these experiments, the fertilizer is the exhaust gases (VG) of the engine themselves. Either the soil before sowing, or the water for irrigation, or the seeds themselves are subjected to VG treatment. Under control, all materials are clean - not processed. In combination with clean soil or clean water or clean seeds, eight experiments are provided in various combinations of treated and untreated materials. Each experiment is carried out in triple repetition according to the recommendations of the "Methodology of Field Experience" by B.A. Dospekhov. 25 seeds are sown in the tank and the germination and development of plants is monitored. The necessary data are recorded in the observation log.

Keywords. Exhaust gases, carbon dioxide, fertilizers, seed germination.

Введение. Среди биогенных элементов углерод один из важнейших - жизнь на нашей планете имеет углеродную основу. В отличие от всех других химических элементов, атомы углерода могут соединяться разнообразными связями (одинарным, двойным или тройным) как между собой, так и с другими элементами. Эти цепи теоретически имеют любые размеры – вплоть до тысяч километров! - но при этом они способны ветвиться в кольца самых разнообразных размеров. На «углеродном скелете» могут прочно «крепиться» самые разнообразные функциональные группировки, создавая множество органических соединений. Разнообразие углеродных соединений соответствует разнообразию форм жизни Земли. Таким образом, углерод, входящий во все органические соединения, играет неповторимую роль как элемент живого вещества.

Основными потребителями CO_2 являются автотрофные организмы, в первую очередь растения. Как показали исследования, 75-80% углекислого газа растения ассимилируют из воздуха и только 20-25% поглощают корневой системой из почвы (в виде HCO_3^-). Следовательно, преобладающим компонентом в углеродном питании растений является атмосферная углекислота. Её содержание в обычном воздухе не превышает 0,03%.

Между тем установлено, что для большинства культурных растений оптимальная концентрация CO_2 , составляет 0,3-0,6% , то есть многократно превышает его концентрацию в обычном воздухе. В земледелии для улучшения углеродного питания растений используют органические и минеральные удобрения, служащие источником углекислоты. Это особенно важно в теплицах, оранжереях и парниках: там получают высокие урожаи питательных растений [15].

Внесение $\text{HC}+\text{CO}_2$ в почву (HC – вещество) открывает перед фермерами огромные возможности не только в повышении урожайности, но и в экономии минеральных удобрений до 50%. Выхлопные газы повышают потенциал растений, так как не нуждаются в дополнительной выработке $\text{HC}+\text{CO}_2$, что положительно влияет, снижая потребность использования большого количества влаги. Влияние повышенной концентрации $\text{HC}+\text{CO}_2$ стимулирует обмен веществ растения и играет важную роль в фотосинтезе.

В летнее засушливое время процесс фотосинтеза замедляется или останавливается, что может привести к гибели растений. Поэтому до настоящего времени углекислый газ являлся ограничивающим фактором и лимитировал в природе процесс фотосинтеза, а тем самым и рост растений. Это значит, что обеспечение растений CO_2 является одним из основных методов увеличения урожая [1].

Углеродное сельское хозяйство занимается внедрением методов, которые направляют выхлопные газы в среду питания растений или органическое вещество почвы.

Для достижения поставленной в нашем исследовании цели - улучшение экологических показателей двигателей внутреннего сгорания и изучение влияния выхлопных газов дизельных двигателей на всхожесть и развитие сельскохозяйственных культур была поставлена задача:

- разработать методику экспериментов и провести лабораторные опыты с целью изучения влияния выхлопных газов (ВГ) на всхожесть и развитие семян яровой пшеницы.

Статья посвящена разработке программы и методики экспериментальных исследований.

Условия, материалы и методы. Программа экспериментальных исследований исходит из необходимости решения следующей задачи:

1. Выявление влияния выхлопных газов, полученных из двигателя на рост и развитие яровой пшеницы. В данном случае удобрением являются сами выхлопные газы ДВС.

Для решения задачи необходимо провести испытания с зернами одной культуры при влиянии на них выхлопных газов ДВС в лабораторно-полевых условиях.

Методика экспериментальных исследований разработана для решения этой задачи.

Для проведения исследования была выбрана распространенная посевная культура яровая пшеница. В Республике Татарстан самым известным является сорт Ульяновская 105.

Яровая пшеница - это один из видов пшеницы, который отличается от зимней пшеницы тем, что он высевается и собирается в течение одного сезона роста.

Яровая пшеница имеет более короткий период вегетации, чем зимняя пшеница, и обычно созревает раньше. Она также имеет более

высокое содержание белка и лучше подходит для производства хлеба, макаронных изделий и других продуктов питания.



Рисунок 1 – Внешний вид яровой пшеницы



Рисунок 2 – Исследуемые зерна яровой пшеницы

Яровая пшеница является одним из наиболее распространенных зерновых культур в мире. Ее выращивание осуществляется в различных климатических условиях, что требует от фермеров учета многих факторов, включая температуру воздуха и почвы. Оптимальная температура для роста яровой пшеницы составляет от 15 до 20 градусов Цельсия. При более высоких температурах рост растений замедляется, а при более низких температурах происходит замерзание и гибель растений. Поэтому контроль температуры является важным аспектом при выращивании яровой пшеницы.

В качестве образцов на каждый вариант опытов было отобрано по 25 зерен яровой пшеницы, которую хранили в специальном зернохранилище в Алькеевском районе Республики Татарстан.

Визуально все зерна имеют темно-желтую окраску. Обломанных и травмированных зерен нет см. рисунок 2.

При посадке зерен было выделено несколько вариантов опытов для выявления влияния ОГ на всходы и дальнейший рост яровой пшеницы:

А) Посадка зерен яровой пшеницы в почву без внедрения выхлопных газов и дальнейшим поливом чистой водой.

Б) Посадка зерен яровой пшеницы в почву, обработанную выхлопными газами в течение 30 минут. Полив чистой водой в процессе роста.

В) Предварительная обработка зерен выхлопными газами в течении 30 минут. Посадка в чистую почву. Полив чистой водой в процессе роста.

Г) Посадка зерен яровой пшеницы в почву без внедрения выхлопных газов и дальнейшим поливом водой обработанной выхлопными газами.

Д) Посадка зерен, предварительно обработанных выхлопными газами в течение 30 минут. Обработка выхлопными газами в течение 30 минут почвы. Полив чистой водой в процессе роста.

Е) Предварительная обработка зерен выхлопными газами в течении 30 минут. Посадка в чистую почву. Полив водой обработанной выхлопными газами в процессе роста.

Ж) Обработка почвы и воды выхлопными газами. Посадка в эту почву чистых зерен.

З) Посадка зерен, предварительно обработанных выхлопными газами в течение 30 минут. Обработка выхлопными газами в течение 30 минут почвы. Полив водой обработанной выхлопными газами.

В таблице 1 указан план вариантов лабораторных опытов изучения влияния ОГ на всхожесть и развитие яровой пшеницы. Повторность опытов трехкратная.

Все исследования были начаты в один день 23 апреля 2022 года. Яровая пшеница посажена в количестве 25 штук в емкости одинакового размера на глубину 1,5 см., температура на улице +2°C. Поэтому все культуры находились в теплом помещении с температурой 16°C. Влажность воздуха составила 46%.

Используемое для экспериментов оборудование и материалы: зерна яровой пшеницы сорта Ульяновская 105, емкости размером 15x15x15, почва с поля Алькеевского района, мерная палка для посадки зерен со шкалой, вода.

Таблица 1 - План вариантов лабораторных опытов изучения влияния ОГ на всхожесть и развитие яровой пшеницы

Условия внесения зерен в почву	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Чистая почва	+	-	+	+	-	+	-	-
Чистые зерна	+	+	-	+	-	-	+	-
Чистая вода	+	+	+	-	+	-	-	-
Обработанная почва выхлопными газами	-	+	-	-	+	-	+	+
Обработанные зерна выхлопными газами	-	-	+	-	+	+	-	+
Обработанная вода выхлопными газами	-	-	-	+	-	+	+	+

Методика проведения исследования - почву в объеме $\frac{3}{4}$ горшка помещают в горшок. Зерна пшеницы с помощью мерной палки сажают

на глубину 1,5 см. Зерна расположены друг от друга на расстояние 1,5 – 2 см. Полив производится с учетом погодных условий. Если температура наружного воздуха ниже 16°, то 1 раз в день около 150 мл на всю площадь горшка. Если на улице температура выше 16°, то 2 раза в день, в том же объеме.

У пшеницы принято отмечать следующие фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость [2].

В процессе опытов все эти фазы, связанные с ростом растений, а также состояние, цвет листьев пшеницы, размеры будут наблюдаться и заноситься в журнал наблюдений в виде таблицы 2.

Таблица 2. Журнал наблюдений по вариантам лабораторных опытов

Опыт	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
всходы, день								
количество всходов, шт								
цвет стеблей/листьев								
состояние стеблей/листьев								
количество листьев на стебле, шт								
процесс роста								
высота стебля на 2 неделю								
высота стебля на 5 неделю								

Выводы:

1. Методика лабораторных исследований по выявлению влияния ВГ на всхожесть и развитие яровой пшеницы Ульяновская 105, предусматривает проведение восьми опытов в трехкратной повторности. Обработке ВГ подвергаются или почва, или вода для полива или семена, которые сочетаются с необработанными материалами. Если контроль проводится с чистыми материалами, то восьмой опыт включает все три обработанных материала и почву и зерно и воду для полива.

2. Почву помещают в горшок в объеме $\frac{3}{4}$ горшка. Зерна пшеницы с помощью мерной палки сажают на глубину 1,5 см. Зерна расположены друг от друга на расстояние 1,5 – 2 см. Полив производится с учетом погодных условий. Если температура наружного воздуха ниже 16°, то 1 раз в день около 150 мл на всю площадь горшка. Если на улице температура выше 16°, то 2 раза в день, в том же объеме.

3. В журнале наблюдений отмечают следующие фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость.

Литература

1. Направляем выхлопные газы на повышение урожайности/ Аграрные издания Юга и Кавказа – Текст: электронный // APK-NEWS.ru:интернет-портал.– URL: <https://www.apk-news.ru/npravlyaem-vyhlopnye-gazy-na-povyshenie-urozhajnosti> (дата обращения: 05.03.2023 г.).
2. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб.—М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с, ил. —(Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
3. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
4. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.
5. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.
6. Ways to reduce carbon dioxide emissions from arable machinery and tractor units / К. А. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20225200025.
7. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.

8. Системная математическая модель транспортных средств по критерию оптимизации - минимальный выброс в атмосферу диоксида углерода / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 122-130.
9. Оптимальная годовая нагрузка трактора на технологии по till по критерию суммарные энергетические затраты / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, И. Г. Галиев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 314-326.
10. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00136.
11. Клычова, Г. С. Методические подходы к формированию политики финансового управления дебиторской задолженностью / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова, З. З. Хамидуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 1(52). – С. 126-131. – DOI 10.12737/article_5ccedf74305b80.69036555. – EDN PIVQFQ.
12. Organizational and methodological approach to managing financial flows of agricultural enterprises / A. Zakirova, G. Klychova, G. Ostaev [et al.] // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 10009. – DOI 10.1051/e3sconf/202016410009. – EDN CJZUAR.
13. Шарифуллин, С. Н. Пути повышения эффективности работы топливной аппаратуры автотракторных дизельных двигателей / С. Н. Шарифуллин, Н. Р. Адигамов ; С. Н. Шарифуллин, Н. Р. Адигамов. – Казань : Изд-во Казанского гос. ун-та, 2008. – 298 с. – ISBN 978-5-98180-621-6. – EDN QNVSTR.
14. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного агрегата / К. А. Хафизов, Н. Р. Адигамов, Р. Н. Хафизов // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 4. – С. 30-33. – EDN YQGAUX.
15. Шарафиев, А. А. Влияние металлокерамических составов на поверхность упрочняемых рабочих органов / А. А. Шарафиев, М. Н.

Адигамова, Н. Р. Адигамов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 239-242. – EDN UXFRNY.

16. Шарафиев, А. А. Влияние металлокерамических составов на поверхность упрочняемых рабочих органов / А. А. Шарафиев, М. Н. Адигамова, Н. Р. Адигамов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 239-242. – EDN UXFRNY.

17. Numerical modeling of the effect of energy-separation in the ranque-hilsch tube / B. Ivanov, B. Ziganshin, A. Dmitriev [et al.] // Bio web of conferences : International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00109. – EDN VFJSUV.

18. Droplet size of viroicide disinfectant liquid from vortex injector sprayer under different operating conditions / B. L. Ivanov, B. G. Ziganshin, A. V. Dmitriev [et al.] // Engineering for Rural Development : 20, Virtual, Jelgava, 26–28 мая 2021 года. – Virtual, Jelgava, 2021. – P. 564-571. – DOI 10.22616/ERDev.2021.20.TF122. – EDN BJJTQU.

19. Ибяттов, Р. И. Исследование движения зерна в рабочем пространстве пневмомеханического шелушителя / Р. И. Ибяттов, А. В. Дмитриев, Р. Ш. Лотфуллин // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 2. – С. 18-21. – EDN YTUYPG.

20. Патент № 2312706 С2 Российская Федерация, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна крупяных культур : № 2005129858/13 : заявл. 26.09.2005 : опубл. 20.12.2007 / Э. Г. Нуруллин, Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев ; заявитель ФГОУ ВПО "Казанская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN BANNPP.

© ХайдаровН.А., ХафизовК.А., 2023

Хайдаров Нияз Айратович

Магистр

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Хафизов Камиль Абдулхакович

доктор технических наук, профессор

Казанский государственный аграрный университет, Казань

fts-kgau@mail.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НА ВСХОЖЕСТЬ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Аннотация. Статья посвящена выявлению влияния обработки выхлопными газами (ВГ) семян, почвы и воды для полива растений на всхожесть и развитие яровой пшеницы. Цель исследования - выявить наиболее благоприятное сочетание этих трех обработанных и необработанных материалов, наиболее эффективно влияющих на всхожесть семян и их дальнейший рост. Было запланировано, по разработанной методике, проведение восьми вариантов опытов, в трехкратной повторности. По результатам исследования выявлен наиболее эффективный вариант опытов, когда не обработанные семена посеяны на обработанную ВГ почву и поливались обработанной ВГ водой. В данном варианте опытов количество всходов было на 16% выше, а развитие растений было не хуже, чем на контроле. Так же можно выделить вариант опыта, в котором зерна и почва подверглись предварительной обработке выхлопными газами, а полив осуществлялся чистой водой. Всхожесть семян была выше на 8% чем на контроле. Остальные опыты показали результаты хуже контрольного метода посева необработанных зерен пшеницы на чистую почву и полив чистой водой.

Ключевые слова. Выхлопные газы, диоксид углерода, удобрения, всхожесть семян.

Niyaz A. Khaydarov

master

Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

Camil A. Khafizov

doctor of technical sciences, professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

fts-kgau@mail.ru

**THE RESULTS OF LABORATORY STUDIES TO STUDY THE
EFFECT OF EXHAUST GASES ON THE GERMINATION AND
DEVELOPMENT OF SPRING WHEA**

Abstract. The article is devoted to the identification of the effect of treatment with exhaust gases (VG) of seeds, soil and water for irrigation of plants on the germination and development of spring wheat. The purpose of the study is to identify the most favorable combination of these three treated and untreated materials that most effectively affect seed germination and their further growth. It was planned, according to the developed methodology, to conduct eight variants of experiments, in triple repetition. According to the results of the study, the most effective variant of experiments was revealed, when untreated seeds were sown on soil treated with VG and watered with water treated with VG. In this version of the experiments, the number of seedlings was 16% higher, and the development of plants was no worse than in the control. It is also possible to distinguish a variant of the experiment in which the grains and soil were pre-treated with exhaust gases, and watering was carried out with clean water. Seed germination was 8% higher than in the control. The rest of the experiments showed results worse than the control method of sowing untreated wheat grains on clean soil and watering with clean water.

Keywords. Exhaust gases, carbon dioxide, fertilizers, seed germination.

Введение. В литературных источниках [1, 2, 3] имеется разноречивая информация о влиянии выхлопных газов на урожайность зерновых культур. Информация различается примененными методами экспериментов, культурами [4], природно-климатическими условиями [5]. Поэтому в данной статье была поставлена задача - провести лабораторные исследования в условиях весеннего климата, свойственного Республики Татарстан, а именно для *Закамской экономической зоны*, расположенной в южной части республики на левобережье реки Камы. Если в большинстве статей говорится о вреде воздействия выхлопных газов при обработке семян [4, 5], снижении их всхожести и силы прорастания, то мы, в предлагаемой работе, посвятили исследования определению влияния на всхожесть семян пшеницы и их рост в том числе обработки выхлопными газами почвы и воды для полива.

Условия, материалы и методы. Методика лабораторных исследований по выявлению влияния выхлопных газов (ВГ) на всхожесть и развитие яровой пшеницы Ульяновская 105, разработана согласно рекомендаций, приведенных в «Методики полевого опыта» Б.А. Доспехова [7] и предусматривает проведение восьми опытов в трехкратной повторности см. таблицу 1. Обработке ВГ подвергаются или почва, или вода для полива или семена, которые сочетаются с необработанными материалами. Если опыт на контроле проводится с чистыми материалами, то восьмой опыт включает все три обработанных материала и почву, и зерно и воду для полива.

Почву помещают в горшок в объеме $\frac{3}{4}$ горшка. Зерна пшеницы с помощью мерной палки сажают на глубину 1,5 см. Зерна расположены

друг от друга на расстояние 1,5 – 2 см. Полив производится с учетом погодных условий. Если температура наружного воздуха ниже 16°, то 1 раз в день около 150 мл на всю площадь горшка. Если на улице температура выше 16°, то 2 раза в день, в том же объеме.

В журнале наблюдений отмечают следующие фазы роста и развития: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, молочная, восковая и полная спелость.

Таблица1 - План вариантов лабораторных опытов изучения влияния ОГ на всхожесть и развитие яровой пшеницы

Условия внесения зерен в почву	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Чистая почва	+	-	+	+	-	+	-	-
Чистые зерна	+	+	-	+	-	-	+	-
Чистая вода	+	+	+	-	+	-	-	-
Обработанная почва выхлопными газами	-	+	-	-	+	-	+	+
Обработанные зерна выхлопными газами	-	-	+	-	+	+	-	+
Обработанная вода выхлопными газами	-	-	-	+	-	+	+	+

Результаты и дискуссия.

Вариант опыта А.

Посадка чистых зерен яровой пшеницы проводилась без воздействия на них выхлопных газов. Почва и вода, используемая для полива без обработки выхлопными газами.

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-8 день посадки. Общее количество всходов 15. Всходы без дефектов, здоровые. В процессе роста цвет стеблей становился насыщенным, зеленым. Формирование в трубочку происходило постепенно без видимых отклонений. На 3 неделе рост стеблей составлял 4-6 сантиметра. Сам стебель у почвы имел белый, темно-фиолетовый окрас, а листья были светло зелеными. При дальнейшем росте наблюдались здоровые стебли, которые формировались в трубку. Образцы росли с одинаковой скоростью. Листочки в процессе роста были зелеными, здоровыми. На 5 неделе (см. рисунок 1) видимых отклонений роста не наблюдалось. Все образцы здоровые, крепкие.



Рисунок 1 – 3-я и 5-ая недели роста яровой пшеницы (исследование А)

Вариант опытаБ.

Посадка чистых зерен проводилась в почву, предварительно обработанную выхлопными газами. Полив производился чистой водой.

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-8 день посадки.



Рисунок 2 - 3-я и 5-ая недели роста яровой пшеницы (исследование Б)

Общее количество всходов 10. Всходы здоровые, без видимых дефектов. На третьей неделе рост стеблей составлял 4-5 сантиметров. Сами стебли формировались в трубочку. Листьев на каждом стебле 3-4 штуки. Как и в исследовании А нижняя часть стеблей имела белый, у некоторых фиолетовый оттенок. Один росток был хрупким, по цвету и формированию стебля отклонений нет. Рост как у остальных стеблей. При дальнейшем росте наблюдались здоровые стебли, которые формировались в трубку. Цвет листьев и стеблей зеленый.

Вариант опытаВ.

Исследуемые зерна яровой пшеницы подверглись 30 минутной обработке выхлопными газами. Почва и вода, используемая для полива без обработки выхлопных газов.



Рисунок 3 - Зерна в сосуде с выхлопными газами

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-8 день посадки.



Рисунок 4 - 3-ья и 5-ая недели роста яровой пшеницы (исследование В)

Общее количество всходов 13. Всходы без видимых дефектов. На 3 неделю рост стеблей составлял 4-5 сантиметров. Листьев на каждом стебле 3-4 штуки. Сами образцы здоровые, крепкие. Формирование стебля в трубку без отклонений. На 5 неделю роста высота образцов от почвы до самой верхней точки была около 21-25 сантиметров. Сами ростки здоровые, зеленого цвета. Рост стеблей одинаковой скорости.

Вариант опыта Г.

Зёрна и почва не подвергались обработке выхлопными газами. Вода, используемая для полива, обрабатывалась выхлопными газами в течение 3-5 минут перед поливом.

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 9 день посадки.



Рисунок 5 - 3-ья и 5-ая недели роста яровой пшеницы
(исследование Г)

Общее количество всходов 7. Все образцы не имели отклонений. Всходы белые. На 3-юю неделю ростки были хрупкими, мягкими. Стебли приобрели зеленый цвет. Высота образцов 2-4 сантиметра. Стебель формировался без отклонений. На 5-ую неделю количество листков было на каждом стебле 2-4 штуки. Рост сопровождался хрупкими мягкими стеблями темно-зеленого окраса, которые формировались в трубку. Рост стеблей одинаковой скорости. На 5 неделю есть отклонения в росте от других образцов. Высота ростков невысокая около 15 сантиметров. Листья сворачивались в спираль, были узкими. По цвету отклонений не наблюдалось – были зелеными.

Вариант опыта Д.

Зёрна и почва в течение 30 минут были обработаны выхлопными газами. В процессе роста зерна поливались чистой водой.

Общее количество всходов 17. Всходы аналогичны остальным образцам – без видимых дефектов. На 3 неделю рост стеблей был 3-4 сантиметра. Однако все ростки имели прочные стебли. Ширина листочков меньше, чем у контрольных образцов в исследовании А. Цвет зеленый.



Рисунок 6 - Зерна и почва обработанные выхлопными газами
Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-8 день посадки.



Рисунок 7 - 3-ья и 5-ая недели роста яровой пшеницы
(исследование Д)

На 5 неделе рост всех образцов варьировался от 10 до 20 сантиметров. Сами ростки очень крепкие, уверенно формировались в трубочку. Цвет ростков зеленый. Листьев на каждом стебле 3-4 штуки.

Вариант опыта Е.

Исследуемые зёрна и вода, используемая для полива, обработаны выхлопными газами. Почва не подвергалась действиям выхлопных газов.

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-8 день посадки. Общее количество всходов 14. Всходы здоровые. В процессе роста цвет стеблей становился насыщенным, зеленым. Формирование в трубочку без видимых отклонений. На 3 неделе рост стеблей составлял 4-6 сантиметра. Сам стебель у почвы имел фиолетовый окрас, а листья были светло зелеными. При дальнейшем росте наблюдались здоровые стебли, которые формировались в трубку. Образцы росли с одинаковой скоростью. Листочки в процессе роста были зелеными, здоровыми.

На 5 неделе видимых отклонений роста не наблюдалось. Все образцы здоровые, крепкие. Рост от почвы до кончиков 18-20 сантиметров.



Рисунок 8 - 3-ья и 5-ая недели роста яровой пшеницы
(исследование Е)

Вариант опыта Ж.

Почва и вода подверглись обработке выхлопными газами. Исследуемые зёрна были необработанными.

Результаты - всходы яровой пшеницы появились на 7-9 день

посадки. Общее количество всходов 19. Всходы здоровые, однако, листочки мягкие. В процессе роста цвет стеблей становился насыщенным, зеленым. Формирование в трубочку без видимых отклонений. На 3 неделе рост стеблей составлял 2-6 сантиметра. Ростки были крепкими, листья не отличались от контрольного исследования А.



Рисунок 9 - 3-я и 5-ая недели роста яровой пшеницы (исследование Ж)

На 5 неделе все ростки имели ярко-зеленый цвет. Высота от почвы до кончиков варьировалась от 14 до 20 сантиметров. Такой разброс, возможно, связан с более поздним всходом некоторых зерен. По внешнему состоянию ростки здоровые, отклонений не наблюдалось. Цвет листьев ярко зеленый, некоторые листочки образовали спиралевидную форму.

Вариант опыта 3.

В заключительном опыте все составляющие – вода, почва и зерна были обработаны выхлопными газами.

Результаты - Всходы яровой пшеницы появились на 8-11 день посадки.

Общее количество всходов 8. Через 1-2 недели половина из них погибла. Листьев на каждом стебле 2-3 штуки. При дальнейшем росте наблюдались очень слабые стебли, которые формировались в трубочку. Стебли росли очень медленно. На 3 неделе остались 3 ростка. Ростки имеют фиолетовые стебли. Листья хрупкие, отвисшие. На 4 неделе ростки погибли.



Рисунок 3.12 - 3 неделя роста яровой пшеницы (исследование 3)

Таблица 2 – Результаты лабораторных исследований по вариантам опытов

Показатели по вариантам опыта	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
появление всходов	7-8 день	7-8 день	7-8 день	9 день	7-8 день	7-8 день	7-9 день	8-11 день
количество всходов	15	10	13	7	17	14	19	8
цвет стеблей/ листьев	зеленый	зеленый	зеленый	зеленый. Кончики желтые	зеленый	темно-зеленый	темно-зеленый	темно-зеленый с черными пятнами
состояние стеблей/ листьев	здоровые, отклонений нет	здоровые, отклонений нет. Один стебель хрупкий	здоровые, отклонений нет	Хрупкие мелкие стебли.	Здоровые, отклонений нет.	Здоровые, отклонений нет	Здоровые, отклонений нет	Хрупкие, слабые стебли, маленькие листочки.
количество листьев на стебле, шт	(3-4)	(3-4)	(3-4)	(2-4)	(3-4)	(3-4)	(3-4)	(2-3)
процесс роста	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 1-3 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 3-5 см в неделю	Рост с одинаковой скоростью, около 1-2 см в неделю
высота стебля на 2 неделю	4-6 см	4-5 см	4-5 см	2-4 см	4-5 см	4-6 см	4-6 см	2 см
высота стебля на 5 неделю	21-26 см	20-24 см	21-25 см	17-20 см	20-24 см	20-25 см	21-26 см	-

Выводы:

1. На всхожесть и развитие яровой пшеницы, выхлопные газы оказывают различное влияние в зависимости от способа их использования.

2. Наилучшая всхожесть и развитие растений наблюдалось в варианте опыта Ж – когда не обработанные семена посеяны на обработанную ВГ почву и поливались обработанной ВГ водой. В данном варианте опытов количество всходов было на 16% выше, а развитие растений было не хуже, чем на контроле. Соответственно, будет влияние и на величину формируемого урожая. Так же можно выделить вариант опыта Д, в котором зерна и почва подверглись предварительной обработке выхлопными газами, а полив осуществлялся чистой водой. Всхожесть семян была выше на 8% чем на контроле. Опыты Б, В и Е показали результаты хуже контрольного метода посева зерен. Опыты Г и З показывают, что примененные методы использования ОГ приносят наихудшие результаты, при которых возможна гибель большего количества ростков.

3. Обработка материалов (семян, почвы, воды) выхлопными газами в основном не влияет на цвет культуры, но влияет на рост растений.

4. Для более глубокой оценки влияния выхлопных газов на культуру необходимо провести дополнительные опыты.

Литература.

1. Выхлопные газы как удобрение. – URL:<https://agrostory.com/info-centre/agronomists/vykhlopnyye-gazy-kak-udobrenie/> (дата обращения: 26.06.2023 г г).

2. Удобрение почвы выхлопными газами: как это работает? – URL:<https://glavpahar.ru/articles/udobrenie-pochvy-vyhlopnyimi-gazami-kak-eto-rabotaet> (дата обращения: 26.06.2023 г г).

3. Effects of diesel-engine ex haust emissions on seed germination and seedling growth of *Brassicaceae* family using digital image analysis (Влияние выбросов выхлопных газов дизельных двигателей на прорастание семян и рост проростков семейства *Brassicaceae* с использованием цифрового анализа изображений). – URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8617225/> (дата обращения: 26.06.2023 г).

5. Зафар Н., Икбал М.З., Шафик М. и др. Влияние выхлопных газов и садовой почвы на прорастание семян и рост проростков кукурузы (*Zea mays* L.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Азиатский журнал J Res Crop Sci. 2019;1–7. 10.9734/ajrcs/2019/v4i230065.

6. Де Соуза Агияр РВ, Брито Д.Р., де Мендонса Лопес М., Сильва Р.Р., Фиделис Р.Р., де Соуза К.М., душ Сантуш Г.Р. Влияние углекислого газа на качество семян риса. BiosciJ. 2015; 31(5):1413–22.

7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — 5-е изд., доп. и перераб.—М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с, ил. —(Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
8. Хафизов, К. А. Метод расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях, с учетом влияния параметров агрегатов на формируемый урожай зерновых культур / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 106-112. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-106-112.
9. Study of the influence of various factors on the emission of carbon dioxide by the aggregate during direct sowing of grain crops / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, O. I. Makarova // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00055. – DOI 10.1051/bioconf/20225200055.
10. Selection of the main parameters of tractors for direct sowing of grain crops according to various optimization criteria / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. N. Gayaziev // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00045. – DOI 10.1051/bioconf/20225200045.
11. Ways to reduce carbon dioxide emissions from arable machinery and tractor units / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, S. A. Sinitsky // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources”, Kazan, 26–28 мая 2022 года. Vol. 52. – Kazan: EDP Sciences, 2022. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20225200025.
12. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.
13. Системная математическая модель транспортных средств по критерию оптимизации - минимальный выброс в атмосферу диоксида углерода / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 122-130.

14. Оптимальная годовая нагрузка трактора на технологии по till по критерию суммарные энергетические затраты / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, И. Г. Галиев // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье, Казань, 13–14 ноября 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 314-326.

15. Energy Justification of the Number of Tractors for Agricultural Operations / K. A. Khafizov, R. N. Khafizov, A. A. Nurmiev, I. G. Galiev // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021): Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources, Kazan, 28–29 мая 2021 года. Vol. 37. – Kazan: EDP Sciences, 2021. – P. 00136.

16. Organizational and methodological approach to managing financial flows of agricultural enterprises / A. Zakirova, G. Klychova, G. Ostaev [et al.] // E3S Web of Conferences : Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019, Moscow, 20–22 ноября 2019 года. Vol. 164. – Moscow: EDP Sciences, 2020. – P. 10009. – DOI 10.1051/e3sconf/202016410009. – EDN CJZUAR.

© Хайдаров Н.А., Хафизов К.А., 2023

Кухтин Андрей Александрович

студент,

*Казанский государственный научно-исследовательский
университет им.А.Н.Туполева-КАИ, г. Казань*

kuchtin-a-a-a@mail.ru

Максимов Андрей Алексеевич

студент,

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань

andremaksimov7@gmail.com

Максимов Алексей Валерьевич

старший преподаватель,

*Казанский государственный научно-исследовательский
университет им. А.Н.Туполева-КАИ, г. Казань*

maks.adis@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВПУСКНОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕННОЙ ГЕОМЕТРИИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация. Разработана физико-математическая модель бензинового шестицилиндрового двигателя с внутренним смесеобразованием и турбонаддувом. Модель учитывает нестационарные газовые явления в патрубках впускной и выпускной систем и теплообмен с окружающей средой. Тепловыделение от сгорания описано с помощью модели Вибе. Для установления связи между геометрическими параметрами элементами впускной системы и мощностью двигателя проведены численные эксперименты. Исследовано влияние объема ресиверов на мощность двигателя. В зависимости от скоростного режима определено оптимальное положение коллекторной заслонки, объединяющей объемы двух впускных ресиверов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, моделирование рабочих процессов, нестационарные газовые явления, впускная система переменной геометрии.

Andrey A. Kukhtin

student,

Kazan State Research University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan

kuchtin-a-a-a@mail.ru

Andrey A. Maksimov

Student, Kazan state agrarian university, Kazan, Russia

andremaksimov7@gmail.com

Alexey V. Maksimov

Senior Lecturer,

Kazan State Research University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan

DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF THE INTAKE SYSTEM OF VARIABLE GEOMETRY OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Annotation. A physical and mathematical model of a gasoline six-cylinder engine with internal mixture formation and turbocharging has been developed. The model takes into account unsteady gas phenomena in the pipes of the intake and exhaust systems and heat exchange with the environment. The heat dissipation from combustion is described using the Wiebe model. Numerical experiments were carried out to establish the relationship between the geometric parameters, the elements of the intake system and the engine power. The influence of the volume of receivers on engine power is investigated. Depending on the speed mode, the optimal position of the manifold damper, which combines the volumes of the two intake receivers, is determined.

Keywords: internal combustion engine, simulation of working processes, non-stationary gas phenomena, intake system of variable geometry.

Введение

Форсирование является актуальной задачей совершенствования двигателей внутреннего сгорания, что отражено во многих научных работах. Например, форсирование за счет интенсификации газообмена цилиндров двигателя с окружающей средой описано в источниках [1,2], форсирование за счет топливоподдачи представлено в источнике [3].

На мощность и крутящий момент быстроходного двигателя оказывают влияние различные волновые явления во впускной и выпускной системах. За счет формирования волновой картины можно увеличить коэффициент наполнения цилиндра свежим зарядом и снизить долю остаточных газов в рабочей смеси [4, 5]. Так подход к впускным клапанам перед их закрытием волны давления со стороны впускного патрубка увеличивает наполнение цилиндра. Подход к выпускным клапанам со стороны выпускной системы волны разрежения интенсифицирует очистку цилиндра и может создать эффект продувки цилиндра в период перекрытия клапанов. Распространение волновых возмущений представлено на рис. 1.

Распространение волновых возмущений в коллекторах происходит со скоростью звука, в то время как источник возмущения – клапан цилиндра, срабатывает с частотой пропорциональной скорости вращения коленчатого вала. Поэтому волновая картина, наблюдаемая на различных скоростных режимах ДВС, будет различаться. По причине многократных отражений волны, наблюдаемых при малой частоте вращения коленчатого вала, влияние нестационарных явлений

при низкой скорости вращения вала незначительно. По мере увеличения скоростного режима работы двигателя волновые явления начинают интенсивнее сказываться на газообмене цилиндров с окружающей средой.

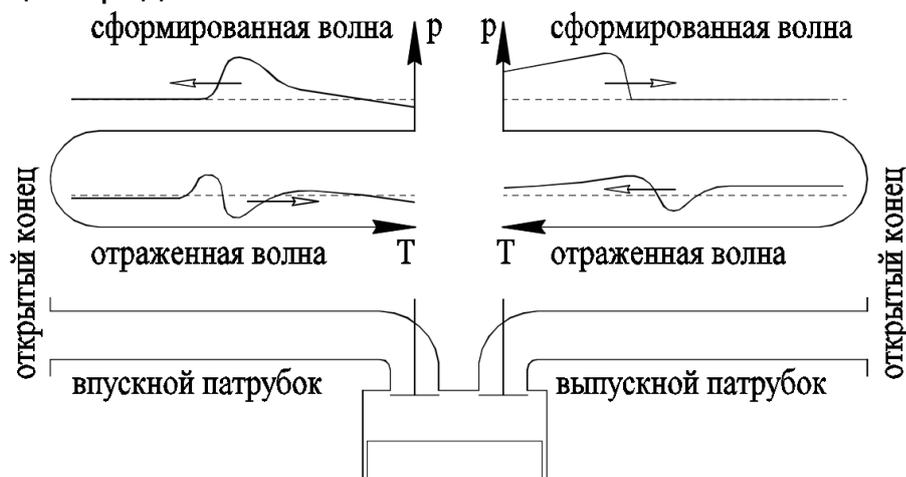


Рис.1 Распространение волн во впускном и выпускном патрубках

Впускная система постоянной геометрии не позволяет интенсифицировать газообмен за счет волновых явлений во всем скоростном диапазоне работы двигателя. При ее конструировании используются компромиссные решения. Интегрирование во впускную систему элементов переменной геометрии позволяет расширить скоростной диапазон с положительным вкладом волновых явлений в наполнение цилиндров свежим зарядом.

Условия, материалы и методы исследования

Моделирование рабочих процессов осуществлялось для быстроходного четырехтактного шестицилиндрового искрового двигателя с непосредственным впрыском бензина в цилиндры. Порядок работы цилиндров 1-5-3-4-2-1 с одинаковыми углами между вспышками. Диаметр поршня – 89 мм, ход поршня – 70,3 мм, степень сжатия – 8,5, длина шатуна – 117 мм. Объем каждого из впускных ресиверов – 2 дм³. Были заданы длины и диаметры всех трубопроводов и объемы внутренних полостей резонатора и воздушного фильтра.

Коэффициент избытка воздуха и давление за компрессором выбирались согласно графикам (рис.2)

В впускной системе присутствует воздушный фильтр. Двигатель снабжен двумя турбокомпрессорами и охладителем надувочного воздуха. Выпускная система двигателя снабжена каталитическими нейтрализаторами, резонаторами и активно-реактивными глушителями. Схема впускной и выпускной систем представлена на рис.3 слева.

Для моделирования рабочих процессов широко применяется программный продукт AVLBoost. Моделирование рабочих процессов в

этой среде представлено в источниках [6,7,8].

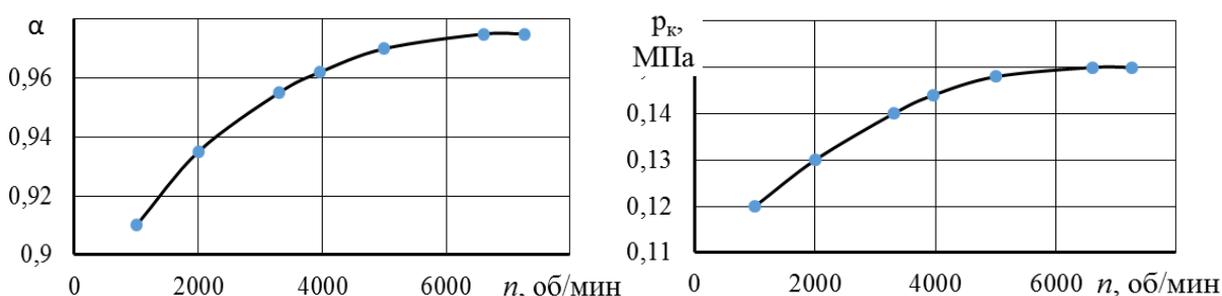


Рис.2 Коэффициент избытка воздуха и давление за компрессором

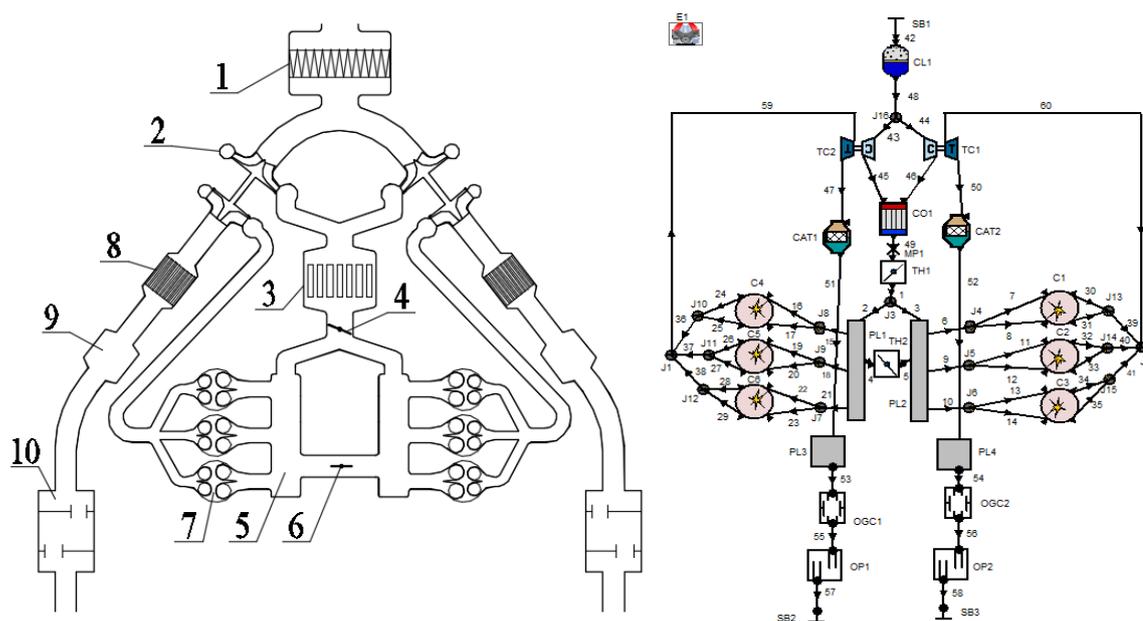


Рис. 3. Схема впускной и выпускной систем

1 – воздушный фильтр, 2 – турбокомпрессор, 3 – охладитель наддувочного воздуха, 4 – дроссельная заслонка, 5 – ресивер, 6 – коллекторная заслонка, 7 – цилиндр, 8 – каталитический нейтрализатор, 9 – резонатор, 10 – глушитель

Была составлена физико-математическая модель двигателя в среде AVLBoost (рис.3 справа), учитывающая волновые явления в трубопроводах в одномерной постановке. Наличие волновых явлений в полостях ресиверов, цилиндров, резонаторов, глушителя, корпусе воздушного фильтра не учитывалось. Определение параметров газа в них осуществлялось на базе квазистационарной модели, в которой на каждом расчетном шаге температура и давление во всех точках полости элемента считались постоянными.

В модели учитывались гидравлические сопротивления элементов проточных трактов. Для фильтрующего элемента и сердцевины нейтрализатора задавались нормативные падения давления при нормативных расходах. Для тройников, внезапных сужений и расширений задавались коэффициенты расхода. Диаметры тарелок

впускных и выпускных клапанов принимались 38 и 27 мм соответственно. Максимальный подъем клапанов задавался 10 мм для впускного и 9 мм для выпускного клапанов. Для определения закона подъема клапанов использовался метод «полидайн». Сгорание в цилиндрах моделировалось посредством методики Вибе. Для расчета коэффициента теплоотдачи в стенки надпоршневого пространства использовалась полуэмпирическая формула Вошни. Моделировалась работа двигателя по внешней скоростной характеристике.

Анализ и обсуждение результатов

Проверка адекватности полученной модели осуществлялась путем сравнения результатов расчетов по созданной модели с результатами расчетов по классической методике Гриневецкого-Мазинга. Результаты сравнения расчетов по двум методикам представлены в таблице 1

Таблица 1. – Мощность двигателя, полученная по двум различным методикам

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	1000	3300	6600
Результат теплового расчёта по методике Гриневецкого-Мазинга, кВт	26,7	121,9	210,3
Результат расчетов в среде AVLBoost, кВт	26,3	115,7	212,3
Разница в показании расчётов, %	1,6%	5,1%	1,0%

Сравнение результатов показывает хорошее совпадение, что указывает на адекватность полученной модели.

Численные исследования преследовали две цели:

- определение целесообразности использования коллекторной заслонки между двумя ресиверами;
- определение оптимальной величины объема ресиверов впускной системы.

Актуальность исследования влияния положения коллекторной заслонки (поз.6 рис.3) обусловлена следующим. Если заслонка между ресиверами закрыта, то частота собственных колебаний столба воздуха во впускном патрубке будет высокой. В этом состоянии впускной системы исключается влияние работы цилиндров одного полублока на работу цилиндров другого полублока. При открытии коллекторной заслонки в два раза увеличивается объем присоединенный к впускному патрубку, что уменьшает частоту собственных колебаний столба газа.

В таблице 2 представлена расчетная мощность двигателя при открытой и закрытой коллекторной заслонке.

Максимальный крутящий момент двигателя составляет 347,1 Н·м при 3960 об/мин. При номинальном режиме 6600 об/мин крутящий

момент двигателя снижается до 307,2 Н·м. То есть коэффициент приспособляемости по моменту составляет 1,13.

Таблица 2. – Мощность двигателя при разных положениях коллекторной заслонки

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	1000	2000	3300	3960	5000	6600	7260
Заслонка закрыта	26,3	64,8	115,7	143,9	167,7	212,3	209,5
Заслонка открыта	26,3	64,6	126,8	158,9	169,5	207,6	208,8

Результаты данного исследования представлены на рис.4.

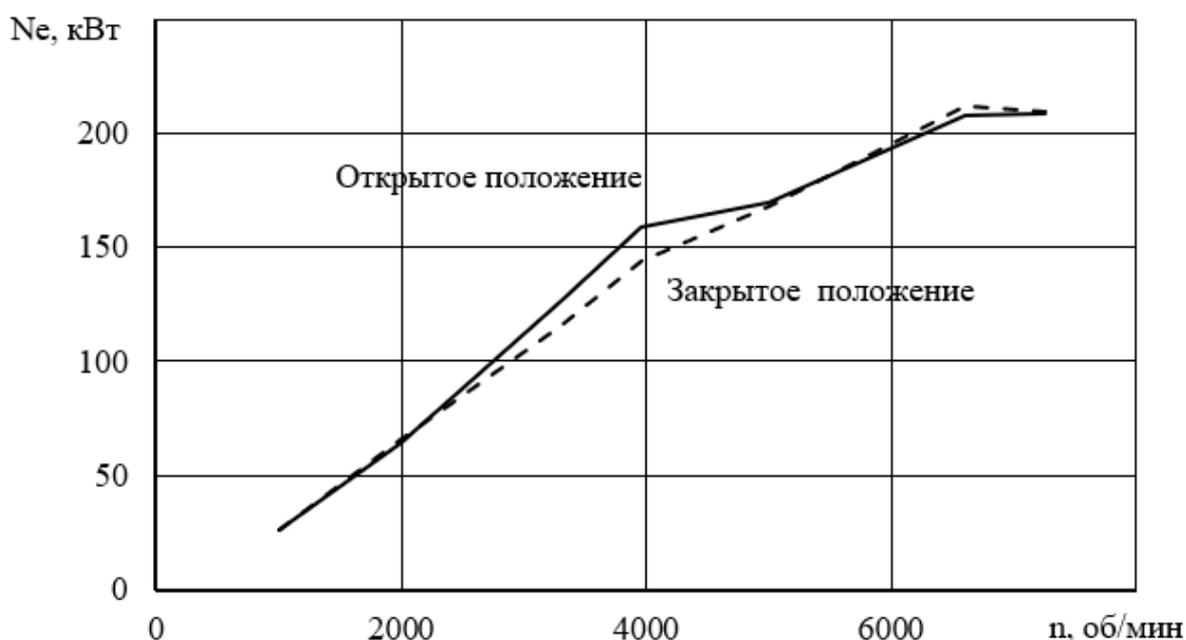


Рис. 4. Влияние положения коллекторной заслонки на мощность двигателя

Объем ресиверов во впускной системе влияет на частоту собственную колебаний столбов воздуха во впускных патрубках. Влияние объема ресивера проводилось при том положении коллекторной заслонки, которое обеспечивает достижение наибольшей мощности. Исследовался диапазон объемов каждого из ресиверов впускной системы $1 \div 10 \text{ дм}^3$. Результаты расчетов представлены в таблице 3.

При использовании ресиверов объемом 6 дм^3 с учетом регулирования положения коллекторной заслонки максимальный крутящий момент двигателя составляет 393,1 Н·м при 3960 об/мин. При номинальном режиме 6600 об/мин крутящий момент двигателя снижается до 314,5 Н·м при 6600 об/мин. Коэффициент приспособляемости по моменту составляет 1,25.

Таблица 3. – Мощность двигателя при разных объемах впускных ресиверов

Эффективная мощность, кВт								
Частота вращения коленчатого вала, об/мин		1000	2000	3300	3960	5000	6600	7260
Объем ресиверов, дм ³	1	26,3	64,3	125,0	156,1	168,1	211,0	208,7
	2	26,3	64,6	126,8	158,9	169,5	212,3	209,5
	3	26,5	64,7	127,7	159,9	170,5	213,1	210,7
	4	27,0	64,8	128,7	161,2	171,6	214,4	211,1
	5	26,9	64,9	129,9	162,2	172,5	215,9	208,8
	6	26,9	65,1	131,0	163,0	173,4	217,4	203,7
	7	26,9	64,9	131,8	163,6	174,2	218,9	201,7
	8	26,8	64,3	132,3	164,1	175,0	219,8	198,8
	9	26,8	63,7	132,8	164,5	175,5	219,8	197,5
	10	26,8	63,1	133,1	164,9	176,1	218,9	196,8

Отметим, что если во впускной системе будет использоваться ресивер объемом 6 дм³, и коллектора двигателя не будут соединены посредством канала с коллекторной заслонкой, то расчетная эффективная мощность двигателя будет меняться следующим образом (таблица 4).

Таблица 4 – Мощность двигателя с ресиверами 6 дм³ при отсутствии их соединения посредством канала с коллекторной заслонкой

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	1000	2000	3300	3960	5000	6600	7260
Эффективная мощность, кВт	26,9	65,1	129,0	160,4	171,2	217,4	203,7

Проанализируем полученные результаты.

Оптимальная позиция коллекторной заслонки при $n \leq 2000$ об/мин или $n > 5000$ об/мин – закрытая. В диапазоне $2000 < n \leq 5000$ об/мин коллекторную заслонку целесообразно открыть.

Использование ресиверов большого объема позволяет увеличить максимальный крутящий момент двигателя при средней частоте вращения коленчатого вала, однако максимальная эффективная мощность двигателя при этом начинает снижаться. С позиции достижения максимальной мощности ресиверы впускной системы должны иметь объем 4 дм³. Однако применение такого ресивера не позволяет получить высокое значение мощности и момента в зоне

средних частот вращения коленчатого вала. По этой причине оптимальным является применение ресиверов объемом 6 дм³. Использование ресиверов большего объема нецелесообразно по следующим причинам:

- сужения эффективного скоростного диапазона;
- увеличения задержки реакции двигателя на изменение положения дроссельной заслонки.

Кроме этого при использовании ресиверов объемом 6 дм³ позволяет получить повышенное значение коэффициента приспособляемости по моменту, что способствует повышению устойчивости работы двигателя.

Сведем результаты исследования в таблицу 5.

Таблица 5. – Эффективность модернизации впускной системы

Объем ресивера, дм ³	Управление положением коллекторной заслонки	Частота вращения коленчатого вала, об/мин						
		1000	2000	3300	3960	5000	6600	7260
		Эффективная мощность, кВт						
2	нет	26,3	64,8	115,7	143,9	167,7	212,3	209,5
6	нет	26,9	65,1	129,0	160,4	171,2	217,4	203,7
6	есть	26,9	65,1	131,0	163,0	173,4	217,4	203,7
Прирост N_e , %		2,4	0,5	13,2	13,2	3,4	2,4	-2,7
		Крутящий момент, Н·м						
2	нет	251,0	309,4	334,8	347,1	320,3	307,2	275,6
6	нет	256,9	310,8	373,1	386,8	327,0	314,5	267,9
6	есть	256,9	310,8	379,1	393,1	331,2	314,5	267,9

Как видно из таблицы оптимизация объема впускных ресиверов вкпе с управлением коллекторной заслонкой позволило увеличить мощность двигателя на всех скоростных режимах за исключением режима максимальной частоты коленчатого вала. При этом наиболее существенный прирост мощности наблюдается в зоне средних скоростных режимов. Это приводит к увеличению максимального крутящего момента на 46 Н·м (13,2%).

Выводы

Предложена конфигурация впускной системы переменной геометрии с коллекторной заслонкой, объединяющей два ресивера.

Составлена адекватная физико-математическая модель двигателя внутреннего сгорания.

Посредством численного эксперимента по критерию достижения максимальной мощности и крутящего момента определены:

- зависимость позиции коллекторной заслонки от скоростного режима

работы двигателя;

- определен оптимальный объем ресиверов впускной системы – 6 дм³.

Использование впускной системы переменной геометрии с оптимизацией объемов ресиверов позволило:

- увеличить мощность двигателя практически во всем скоростном диапазоне, в зоне средней частоты вращения коленчатого вала до 13,2%;

-увеличить максимальный крутящий момент двигателя на 46 Н·м;

- увеличить коэффициент приспособляемости по крутящему моменту с 1,13 до 1,25.

Литература

1. В. В. Синявский и И. Е. Иванов Форсирование двигателей системы и агрегаты наддува: учебное пособие. – Москва: Издательство Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Москва), 2016. – 112с.

2. Впускной коллектор с изменяемой геометрией на двигатель 21124. Механика. [электронный ресурс]: URL <https://www.drive2.ru/b/1752297/> (дата обращения 10.04.2023)

3. Шарифуллин, С.Н., Адигамов, Н.Р., Пути повышения эффективности топливной аппаратуры автотракторных двигателей. – Казань: Издательство Казан. гос. ун-та, 2008. – 296с.

4. Расчет впускного коллектора. URL: <https://peugeot-club.by/blogs/entry/1292-raschet-vpusknogo-kollektora/>(Дата обращения 25.02.2022).

5. Расчёты впускной и выпускной систем. Резонансный наддув. URL: <https://vk.com/@polytechncm-raschety-vpusknoi-i-vypusknoi-sistem-rezonansnyi-nadduv> (Дата обращения 26.02.2022).

6. AVLSimulationToolsPracticalApplications. URL: <http://bc.pollub.pl/Content/993/PDF/avl.pdf> (Дата обращения 12.03.2022).

7. AVL Advanced Simulation Technologies URL: <https://www.avl.com/documents/10138/885977/AVL+Advanced+Simulation+Technologies+Catalog.pdf> (Дата обращения 15.03.2022).

8. AVL Boost version 2011.1 URL: <https://dokumen.tips/documents/boost-usersguide.html?page=1>(Дата обращения 05.04.2022).

9. Formation and disclosure of information on social responsibility of agribusiness enterprises / D. Faizrakhmanov, A. Zakirova, G. Klychova [et al.] // E3S Web of Conferences : 2018 Topical Problems of Architecture, Civil Engineering and Environmental Economics, TPACEE 2018, Moscow, 03–05 декабря 2018 года. Vol. 91. – Moscow: EDP Sciences, 2019. – P. 06004. – DOI 10.1051/e3sconf/20199106004. – EDN FXVKOZ.

10. Патент № 2312706 С2 Российская Федерация, МПК В02В 3/00. Устройство для шелушения зерна крупных культур : № 2005129858/13 : заявл. 26.09.2005 : опубл. 20.12.2007 / Э. Г. Нуруллин,

Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев ; заявитель ФГОУ ВПО "Казанская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN BANNPP.

11. Нуруллин, Э. Г. Теоретическое определение скорости воздушно-зерновой смеси в конфузоре пневмомеханической семенорушки / Э. Г. Нуруллин, Д. Т. Халиуллин, Э. Э. Нуруллин // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 23. – С. 113-116. – EDN ONAHIN.

12. Пневмомеханический шелушитель гречихи / Д. Г. Федоров, М. И. Далалеева, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 12-13. – EDN YQRJRB.

13. Ахметзянов, Р. Р. Исследование твердых смазочных материалов в узлах трения скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Х. С. Фасхутдинов, Т. Н. Вагизов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 7-8. – EDN VPRCSV.

14. Ахметзянов, Р. Р. Исследование твердых смазочных материалов в узлах трения скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Х. С. Фасхутдинов, Т. Н. Вагизов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 7-8. – EDN VPRCSV.

15. Ахметзянов, Р. Р. Древесина как сырье для подшипников скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Т. Н. Вагизов, А. Р. Ахметзянова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 200-204. – EDN HZHSBK.

16. Синицкий, С. А. Разработка автоматизированного комплекса сбора и обработки данных при динамических исследованиях двигателя МТА / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 156-159. – EDN LEFFUP.

17. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков //

Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры : Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103. – EDN WETCLJ.

18. Патент на полезную модель № 184957 U1 Российская Федерация, МПК А01J 5/00. Двухтактный доильный аппарат попарного доения : № 2018125165 : заявл. 09.07.2018 : опубл. 15.11.2018 / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ). – EDN XSRGYI.

19. Макаров, Д. М. Особенности трудовой деятельности женщин и подростков / Д. М. Макаров, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Динамика механических систем : материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 291-299. – EDN TLXFXB.

20. Шакиров, И. З. Влияние освещения на условия труда / И. З. Шакиров, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 380-384. – EDN ВМКНIE.

© *Кухтин А.А, Максимов А.А., Максимов А.В.*

Бадрутдинов Айнур Канафиевич

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Клюшкина Наталья Сергеевна

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ПОЛЕЗНЫЕ СВОЙСТВА КОНЦЕНТРИРОВАННОГО КОРМА ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Аннотация. В данной статье описываются, что входит в состав концентрированного корма, их полезные свойства для крупного рогатого скота (КРС), какими свойствами обладают зерновые и бобовые культуры. Даются указания, как и при каком концентрации корма можно кормить КРС, чтобы добиться хорошего результата.

Ключевые слова: концентрированный корм, ячмень, овес, сбалансированный.

Badrutdinov Ainur Kanafievich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Klyushkina Natalya Sergeevna

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Lukmanov Ruslan Rushanovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

USEFUL PROPERTIES OF CONCENTRATED FOOD FOR CATTLE

Abstract. This article describes what is included in the concentrated feed, their beneficial properties for cattle (cattle), what properties grains and legumes have. Instructions are given on how and at what concentration of feed cattle can be fed in order to achieve a good result.

Keywords: concentrated feed, barley, oats, balanced.

Введение.

В агропромышленном комплексе Российской Федерации актуальной проблемой является улучшение качества продукции животноводства и ее производства [1]. С постоянно растущим спросом на продукцию животноводства, производители ищут способы, возможности для увеличения объемов производства и улучшения

качества продукции [2-4]. Этого можно добиться улучшением условий содержания и кормления поголовья.

В сельском хозяйстве концентрированные корма являются естественной частью рациона животных. При помощи концентрированного корма можно заметно увеличить прирост и продуктивность животных за короткий срок, накормив их всеми полезными и необходимыми веществами [5].

Условия, материалы и методы исследований

Используются четыре группы кормов для животных: сочные, грубые, животные корма и концентраты [6...8]. Совместимость и использование других кормовых продуктов в кормах варьируется в зависимости от каждой из этих групп. К грубым кормам относятся сено, сенаж, силос и веточные корма. Сочные корма: сенаж, трава, корнеплоды, овощи и фрукты. Корма животного происхождения: молоко, рыба, молочные продукты, рыбная мука, костная мука, отходы инкубации и т.д.

Наличие и важность этих кормов зависит от вида животных. Например, жвачных животных вообще не кормят концентратами и кормами животного происхождения, а в основном грубыми кормами и влажными кормами [9, 10]. Свины и птица, напротив, требуют очень мало грубых кормов в своем рационе и получают большую часть полезных веществ из мясных кормов, кормов животного происхождения и концентратов.

Концентраты - это смешанные однородные вещества, состоящие в основном из зерновых, бобовых, злаков и отходов животноводства и растениеводства и проходящие стадии рафинирования и измельчения.

Помимо увеличения общего уровня продуктивности животных, тот вид пищи способен урегулировать питание в случае недостатка определенных питательных веществ в рационе.

Составляющей основу данной группы являются следующие вещества: крахмал, 16% воды, 15% клетчатки и протеин.

К разрядам углеводистых относятся корма у которых содержание крахмала будет выше, чем протеина (60-70%). Для достижения такого результата необходимо добавить в рацион такие культуры как ячмень, рожь, овес, кукуруза и пшеница. Высокое количество протеина (20-45%) указывает на то, что это высокопротеиновое вещество. Добиться такого результата можно с помощью гороха, бобов, сои, шрота и жмыха. Соблюдение технологии переработки зерна должным образом поможет достичь уменьшения расхода продукции при кормлении, а также позволит получить высокие показатели продуктивности.

При добавлении в дневной рацион для крупного рогатого скота концентрированных кормов результатом станет увеличение количества надоев и повышение качества получаемого мяса, так как увеличивается питательная ценность кормов. Это хорошо

наблюдается при кормлении бобовыми культурами с большим содержанием протеина. Оптимальным составом является, когда концентрированные корма занимают около 20-30% в период спокойствия и 50-60% - для молочных коров.

Анализ и обсуждение результатов

К концентрированным кормам для крупного рогатого скота относятся ячмень, овес и соя. Ячмень является широко распространенной кормовой культурой и используется для кормления коз, овец и мясного скота; в 1 кг зерна ячменя содержится 1,2 кормовой единицы и 100 г переваримого протеина. Ячмень содержит очень мало каротина (0,5 мг/кг) и очень мало витамина D, но отличается высоким содержанием витамина E (50 мг/кг), а также витаминов группы B и витамина C. Ячмень также содержит относительно большое количество витамина E (50 мг/кг). Ячмень также содержит относительно большое количество Ca (2 г/кг), S (1,3 г/кг), кремниевой кислоты и соединений фосфора (3,9 г/кг), Fe (50 г/кг), Cu (4,2 г/кг), Zn (35,1 г/кг), йода (0,22 мг/кг) и Co (0,26 мг/кг). Ячмень содержит 10-12% белка, 2,4-2,5% жира, 5,2-5,5% клетчатки, 60-61,5% безазотистого экстракта, 48-50% крахмала и менее 0,2% сахара [11].

Белок зерна ячменя содержит хороший баланс аминокислот, в том числе метионина, триптофана и лизина. Общее содержание этих аминокислот составляет около 7-9 г на кг зерна. Ежедневное скармливание зерна ячменя эффективно для улучшения здоровья и повышения продуктивности скота. Благодаря такому биологически ценному составу, ежедневное скармливание зерна ячменя благотворно влияет на здоровье животных и выживаемость молодняка, за счет нормализации обмена веществ в организме животного, это приводит к повышению плодовитости и быстрому росту сельскохозяйственных животных

Овес часто используется в качестве ценного и питательного концентрированного корма. Одна единица корма имеет питательную ценность 1 кг овса, энергетическая ценность которого по стандарту составляет 9,46 МДж. Этот показатель является самым низким среди цельнозерновых кормов. Содержание протеина в зернах овса составляет 10,8%, а в 1 кг содержится не менее 79 г переваримого протеина.

Содержание жира в зерне овса достаточно высокое - до 4 г/кг. Содержание клетчатки самое высокое среди зерновых культур - 9,7%. Содержание безазотистых экстрактивных веществ достигает 57,3%, сахаров - 25 г/кг, крахмала - 320 г/кг. Крахмал овса имеет мелкие частицы и легко переваривается и усваивается животными. В зерне овса содержится несколько меньше аминокислот, чем в зерне ячменя. Лизин составляет около 3,6 г/кг, метионин - 2 г/кг, цистин - 1,2 г/кг и триптофан - 2,4 г/кг. (т.е. очень мало), фосфор - 3,4 г/кг, магний - 1,2

г/кг, калий - 5,4 г/кг, натрий - 1,8 г/кг, хлор - 1,4 г/кг, сера - 1,3 г/кг, железо - 41 мг/кг, медь - 4,9 мг/кг, цинк - 22,5 мг/кг и марганец - 56,5 мг/кг (т.е. очень мало). Овес также содержит среднее количество витаминов А (1,3 мг/кг), Е (12,9 мг/кг) и витаминов группы В. При скармливании овса следует помнить о низком содержании кальция (например, молодая трава - содержание кальция 3,5 г/кг, люцерновое сено - 17 г/кг, люцерновый сенаж - 10,9 г/кг). В качестве альтернативы можно использовать специальные добавки (трикальцийфосфат, монокальцийфосфат).

Одним из высокобелковых кормов является соя. Основная кормовая ценность сои заключается в высоком содержании белка. Многие виды травоядных животных концентрируют белок в своих рационах, добавляя в них сою или продукты ее переработки. Содержание протеина в зерне сои колеблется от 38 до 46% в зависимости от ряда факторов. Соевый белок близок по соотношению аминокислот и набору к истинному белку животного происхождения, поэтому в большинстве случаев в кормах вместо цельной сои используется шрот или мука, а соевые продукты относительно недороги в использовании. Таким образом, решается проблема обеспечения продуктивного скота качественным белком.

Содержание валина и гистидина в зерне сои следующее: 1,5-1,9%, изолейцин - 1,2-2%, лейцин - 2-3,4%, лизин - 1,8-2,8%, треонин - 1,2-1,8%, метионин - 0,6-0,9%, триптофан - 0,5-0,8%, фенилаланин - 1,4-2,5%. Общее содержание незаменимых аминокислот составляет 128 г/кг, что достаточно для удовлетворения биологических потребностей скота. Содержание жира в сое относительно высокое и колеблется в пределах 16-27%. Масло состоит из триглицеридов и липоидных веществ [12]. Липоидные вещества в соевом масле характеризуются высоким содержанием фосфолипидов, которые способствуют регенерации тканей, нейтрализации токсинов и укреплению стенок сосудов [13]. Триглицериды состоят из глицерина и жирных кислот, среди которых незаменимые жирные кислоты, такие как олеиновая, линолевая и арахидоновая, играют важную роль в функционировании нервной и сердечно-сосудистой систем. Соя содержит относительно мало азотистых веществ по сравнению с зерновыми, 17-33% азота, из которых около 1,2-6% приходится на крахмал, 6-10% на пищевые волокна и 7-10% на углеводы. Содержание витаминов и минералов (микро- и макроэлементов) сильно варьируется в зависимости от ряда факторов, включая сорт, технику выращивания, качество почвы и время хранения до скармливания. Таким образом, кормить коров зерновыми можно в сухом виде, или смешав с водой до кашеобразного состояния. Степень помола также влияет на скорость переваривания.

Следует также учитывать степень помола зерна, поскольку она влияет на скорость переваривания цельного и размолотого зерна. При

помоле зерна для крупного рогатого скота рекомендуется использовать среднезернистое зерно в виде гранул или хлопьев. Первое лучше смешивается с другими продуктами и образует комбикорм, а второе способствует улучшению пищеварения [13, 14]. Добавки можно разделить на два приема пищи, утром и вечером, исключая обед. Кроме того, зерновые и бобовые лучше скармливать перед грубыми и сочными кормами. Потому что они требуют больше времени для переваривания и расщепления.

Выводы

В заключении хочется отметить, что кормление коров однообразным кормом влияет на удой и продуктивность, поэтому чтобы соответствовать всегда повышающимся запросам рынка, кормить животных надо сбалансированным кормом [15,16]. Это даст высокие результаты, повысит удой коров, насытит животных всеми необходимыми элементами.

Литература

1. Современное состояние и перспективы развития гибридной генерации в агропромышленном комплексе / А.И. Рудаков, Б.Л. Иванов, М.А. Лушнов, И.Р. Нафиков // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР ГайнановаХазипаСабиловича. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-139.
2. The use of the Mephosphon drug to accelerate the process of biogas output and ripening of organic wastes / Z. Khaliullina, Yu. Shogenov, I. Gayfullin [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00127. – DOI 10.1051/bioconf/20202700127.
3. Theoretical fundamentals for determining soil erosion potential (energy concept) part 1 / I. I. Maksimov, N. R. Adigamov, A. A. Mustafin [et al.] // PeriodicoTcheQuimica. – 2019. – Vol. 16. – No 31. – P. 540-557.
4. Анализ теоретических исследований производительности шестеренчатых вакуумных насосов / Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Гайнутдинов, Т. Р. Нуриахметов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды международной научно-практической конференции, Казань, 20 мая 2014 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2015. – С. 155-160.
5. Гильмуллин, И. Т. Разработка машины для дробления зерна / И.Т. Гильмуллин, И.А. Саяхов, И.Р. Нафиков // Современные достижения

аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР ГайнановаХазипаСабиновича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 53-58.

6. Замалдинов, Н. М. Обзор измельчителей-раздатчиков кормов для фермерских хозяйств / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 86-90.

7. Патент № 2760435 С1 Российская Федерация, МПК А01F 29/02. измельчитель-смеситель кормов: № 2021106282: заявл. 10.03.2021: опубл. 25.11.2021 / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

8. Анализ существующих конструкций плющилки зерна для фермерских хозяйств в Республике Татарстан / Р. М. Шакиров, Р. К. Хусаинов, И. Г. Галиев, И. Р. Нафиков // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П., Казань, 27–28 октября 2022 года / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 176-182.

9. Анализ конструкций машин для дробления кормов / З. С. Хабибуллин, Р. Р. Лукманов, С. А. Синицкий, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 86-91.

10. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.

11. Бондарев В.А. Технология приготовления кормов. Рекомендации. – М., 2003. – 32 с.
12. Дуборезов В.М. Проблемы производства кормов для молочного скотоводства // Молочная промышленность. - 2009. - №4. - С. 58-59.
13. Мухаммадиев, Р. Р. Автоматизированная барабанная сушилка для сыпучих продуктов / Р. Р. Мухаммадиев, И. Р. Нафиков // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 168-171.
14. Мадияров, А. А. Обзор смесителей для сыпучих кормов / А. А. Мадияров, Г. Г. Хасанов, Р. Р. Лукманов // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 136-141.
15. Халиуллин, Д. Т. Современные технологии производства комбикормов / Д. Т. Халиуллин, М. Р. Хадиев, Б. И. Гарифуллин, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 267-273.
16. Зиганшин, Б. Г. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополднев // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 121-126.
17. Клычова, Г. С. Использование работы внутренних аудиторов в процессе внешнего аудита / Г. С. Клычова, А. Р. Закирова // Развитие и управленческого учета и контроллинга в современных условиях : материалы Международной научно-практической конференции посвященной 80-летию Заслуженного экономиста Республики Татарстан, доктора экономических наук, профессора Ивашкевича Виталия Борисовича, Кизляр, 28 февраля 2017 года. – Кизляр: филиал ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный экономический университет" в г. Кизляре, 2017. – С. 115-121. – EDN YMMNUD.
18. Шакиров, И. З. Влияние освещения на условия труда / И. З. Шакиров, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 380-384. – EDN BMKHIE.

©Бадрутдинов А.К., Ключкина Н. С., Лукманов Р. Р., 2023

Григорьев Роман Вячеславович

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Синицкий Станислав Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

МАШИНЫ ДЛЯ ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ЗЕРНА

Аннотация. Рассмотрены конструкции инфракрасных сушилок, их принцип действия и порядок работы, а также выявлены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: инфракрасная сушилка, зерно, влажность, сушка.

Grigoriev Roman Vyacheslavovich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Lukmanov Ruslan Rushanovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Sinitskiy Stanislav Aleksandrovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

MACHINES FOR INFRARED GRAIN DRYING

Abstract. The designs of infrared dryers, their principle of operation and operation procedure are considered, as well as their advantages and disadvantages are identified.

Keywords: infrared dryer, grain, humidity, drying.

Введение.

Зерно - это один из основных и главных продуктов сельского хозяйства. Его используют в первую для производства продуктов питания, корма для животных, а также зерно является сырьем для промышленности при производстве различных продуктов [1].

Важнейшей задачей для улучшения производства зерновых культур и повышения эффективности оценки выхода продукции является создание и внедрение современных методов и технических средств для измерения влажности зерна и продуктов его переработки.

Условия, материалы и методы исследований

Зерно, хранящееся в волокнах, является натуральным продуктом и содержит определенное количество влаги. Семена также могут поглощать эту влагу из окружающей среды. Содержание влаги в зерне зависит от его последующего использования и от того, как долго оно хранится перед продажей. Например, для хранения пшеницы в течение 6 месяцев содержание влаги должно составлять 15%, а для 12 месяцев - 14% [2]. Поэтому важно продумать и оптимизировать весь процесс [3,4]. Существуют различные методы сушки зерновых:

- инфракрасная сушка;
- конвективная сушка горячим воздухом;
- сушка током высокой частоты
- вакуумная сушка [2];
- контактная сушка и другие.

Анализ и обсуждение результатов

Исследователи сосредоточены на разработке наиболее интенсивных методов сушки при максимальном сохранении питательной ценности и вкуса. Инфракрасная сушка показала себя как один из наиболее перспективных методов.

Инфракрасные зерносушилки – это техника, которая начала применяться в сельском хозяйстве не так давно [5,6]. Данную инфракрасную зерносушилку можно построить в разных конструкциях, поэтому различие будет только в их модели. Большинство моделей схожи с конвейерными и ленточными зерносушилками, а остальная часть моделей в виде сушильных шкафов. В инфракрасной зерносушилке не важны особенности ее устройства, а важен сам процесс сушки зерна. Сушка идет не под действием горячего воздуха как, например, в других зерносушилках используя газо-воздушную смесь, а под действием инфракрасного излучения. Именно данная технология позволяет оставлять температуру культуры не выше 45-50°C, уменьшающую разложение полезных веществ во время сушки [7-9]. Такое высушивание зерна при невысокой температуре сохраняет полностью содержание в зерне витаминов и биологически активных веществ. Инфракрасное излучение убивает вредную микрофлору зерна, благодаря чему, значительно увеличивается срок его хранения. Оно безвредно для окружающей среды и человека.

Процесс сушки начинается с инфракрасного излучения, генерируемого галогенными лампами в сушильной камере, которое проходит через слой зерна и преобразует излучение в тепловую энергию. В результате излучение нагревает зерно и испаряет содержащуюся в нем влагу.

Оптимальная температура для сушки зерна составляет 40-45°C. Известно, что длительное воздействие этой температуры на продукт оказывает меньшее влияние на качественные характеристики

продукта, чем незначительное повышение температуры выше указанного предела [10-12].

Основным требованием для данного вида сушки является попеременный нагрев и охлаждение зерна. Это обеспечивает более равномерный нагрев и позволяет избежать риска нагрева зерна выше максимальной температуры, для верхнего слоя. При сушке зерна таким способом необходимо выбрать оптимальные рабочие параметры. Например, толщина слоя сухих зерен из-за более медленного испарения влаги влияет на время сушки и равномерность нагрева зерен. Для ускорения сушки, существуют модели с вытяжными механизмами. Это дает возможность сушки зерна с высоким процентом влажности (рисунок 1).

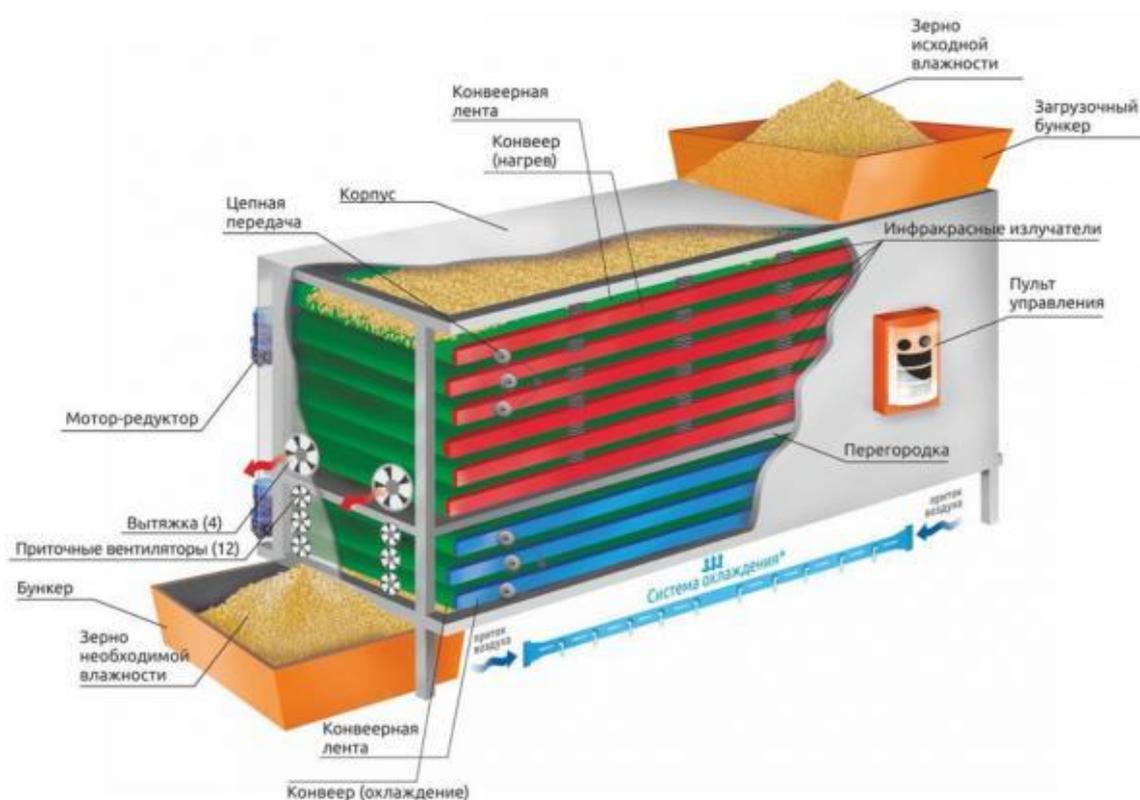


Рисунок 1- Работа инфракрасной зерносушилки

Для быстрой, качественной и экономичной сушки зерно следует укладывать тонким слоем на поверхность сушильной камеры [13,14]. Дополнительные вентиляторы можно использовать для ускорения испарения влаги (рисунок 2). Вентиляторы могут работать двумя способами: непрерывно и импульсно. Импульсный режим предполагает работу вентилятора в течение определенного периода времени с определенным перерывом, и в большинстве случаев это самый лучший вариант, поскольку постоянная работа вентилятора может снизить температуру нагрева зерна [15,16].

Другим важным фактором, влияющим на процесс сушки зерна в инфракрасном диапазоне, является место размещения инфракрасных

ламп. Нагреватели, расположенные через равные промежутки на поверхности сушки, постепенно нагревают зерно, предотвращая опаливание и потерю семенных качеств и питательной ценности. Сочетание этих параметров может еще больше улучшить процесс сушки без увеличения потребления энергии, что положительно скажется на качестве продукта и экономической составляющей производства.

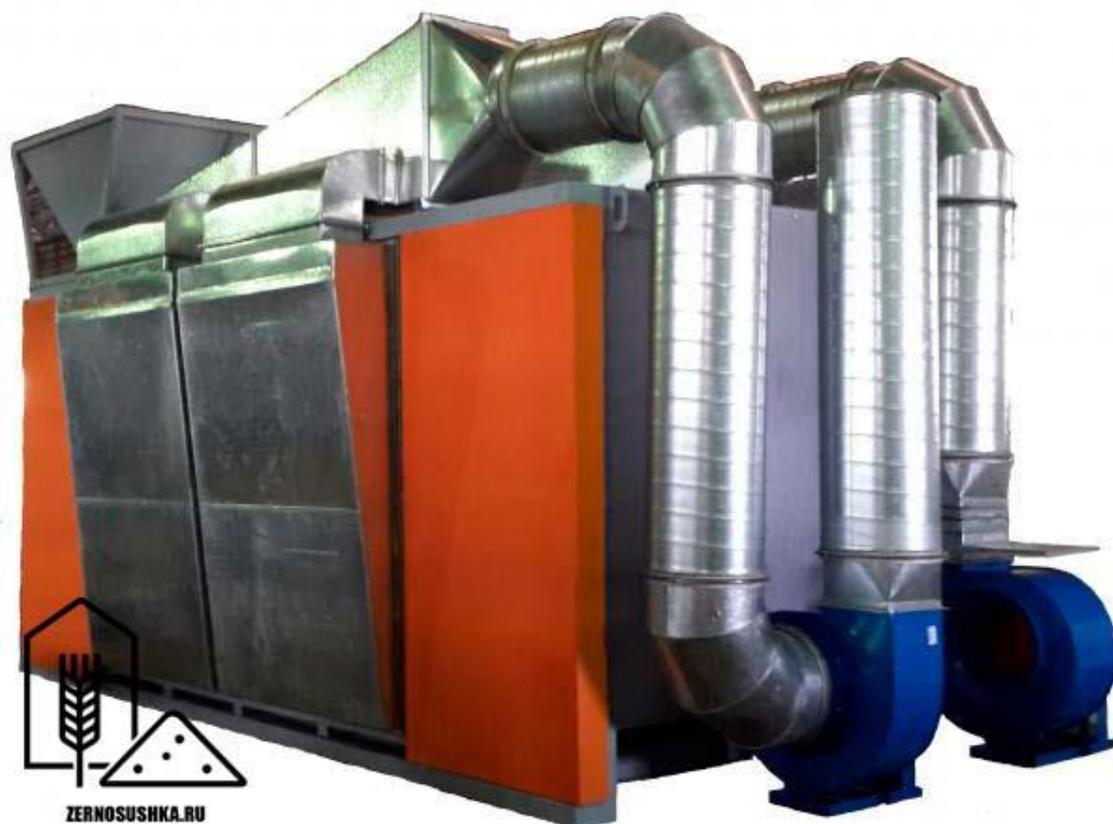


Рисунок 2 - Инфракрасная зерносушилка

Среди достоинств зерносушилок данного типа выделяются их следующие особенности:

1. Инфракрасная сушилка-это относительно новая технология, которая еще не имеет специального формата. Таким образом, они продаются в различных вариациях моделей, подходящих для частных и крупных ферм.

2. Под воздействием инфракрасных лучей влага в зерне нагревается, но не воздух, что обеспечивает большую эффективность процесса.

3. Отсутствие процесса горения или же пожара.

4. Большинство моделей инфракрасных сушилок для семян универсальны. Они могут сушить семена, масличные культуры, семена травы и т. д.

5. Инфракрасные сушилки эффективно и без потерь работают в условиях низких температурах.

6. Инфракрасная сушка имеет значительные преимущества перед традиционными конвективными методами сушки. В первую очередь, конечно, это экономические преимущества. Скорость и энергопотребление при инфракрасной сушке в несколько раз ниже, чем при традиционных методах.

Выводы

Поскольку инфракрасная сушка зерна является новой технологией, ее процессы все еще изучаются [17]. Нет единого мнения о том, как лучше всего сушить урожай при определенных обстоятельствах. Поэтому инфракрасные сушилки могут иметь некоторые недостатки. Потребитель в нынешних условиях должен тщательно подходить к выбору данного вида сушильной установки, а также тщательно корректировать эксплуатационные параметры при сушке, чтобы получить качественный продукт.

Литература

1. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы, Казань, 28–30 мая 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.
2. Рудаков А.И. Повышение энергетической эффективности сублимационной сушки сельскохозяйственных материалов/ А.И. Рудаков, И.Р. Нафиков, Б.Л. Иванов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2007. Т. 2. № 2 (6). С. 101-105.
3. Мухаммадиев, Р. Р. Автоматизированная барабанная сушилка для сыпучих продуктов / Р. Р. Мухаммадиев, И. Р. Нафиков // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 168-171.
4. Шайхутдинов, Э. И. Современные технологии приготовления кормов / Э. И. Шайхутдинов, Д. Т. Халиуллин, И. Р. Нафиков // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 285-290. – EDN YVNPYG.
5. Миначев, М. З. Анализ конструкции машин для инфракрасной сушки зерна / М. З. Миначев, Р. Р. Лукманов // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 150-155.

6. Миначев, М. З. Разработка энергосберегающей инфракрасной сушильной установки зерна / М. З. Миначев, Р. Р. Лукманов // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 164-167.
7. Лигидов В. А. Повышение эффективности микронизатора с поперечно расположенными линейными инфракрасными излучателями при обработке зерна и круп: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Лигидов Вячеслав Анатольевич; М., 2006. - 28 с.
8. Погорелов М. С. Оптимизация режимов инфракрасной сушки плодов и ягод и ее оборудование: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ Погорелов Михаил Сергеевич; М., 2007. - 25 с.
9. Адамов З.Т. Исследование температурного поля инфракрасных нагревательных систем для сушки пищевых продуктов: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Адамов Зайнутдин Тажутдинович; Махачкала, 2005. - 20 с.
10. Шайхутдинов Э.И. Современные технологии приготовления кормов / Э.И. Шайхутдинов, Д.Т. Халиуллин, И.Р. Нафиков // Агроинженерная наука XXI века. Научные труды региональной научно-практической конференции. 2018. С. 285-290.
11. Лукманов Р.Р. Способ определения механических микрповреждений зерна / Р. Р. Лукманов, А. В. Дмитриев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Патент № 2536061 С1 Российская Федерация, МПК А01D 41/127, G01N 33/02. № 2013140068/13: заявл. 28.08.2013; опубл. 20.12.2014; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВПО Казанский ГАУ).
12. Черемисов, В. А. Экспериментальная сушильная установка влажного сельхозхозяйственного сырья / В. А. Черемисов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Цифровые технологии в подготовке кадров АПК как ключевой фактор повышения его эффективности. Актуальные проблемы противодействия коррупции в системе обеспечения экономической безопасности: Сборник научно-практических материалов международных научно-практических конференций, посвящённый XXX-летию Татарского института переподготовки кадров агробизнеса / Под редакцией Н.Л. Титова, С.Л. Алексеева, Н.М. Якушкина, В.Н. Шилова, В.Н. Фомина. Том Выпуск XVI. – Казань: ФГБОУ ДПО ТИПКА, 2022. – С. 755-759.
13. Ташевцев, А. С. Разработка автоматизированной установки для инфракрасной сушки зерна / А. С. Ташевцев, Р. Р. Лукманов, С. А. Синицкий // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора

- экономических наук, профессора Н.С. Каткова. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 288-295.
14. Бутузов, И. Н. Анализ технических решений для сушки семян подсолнечника / И. Н. Бутузов, О. Н. Бутузова, Д. Т. Халиуллин // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 23-28.
15. Ахметзянова, Э. Р. Разработка конструкции зерносушилки / Э. Р. Ахметзянова, М. А. Лушнов // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 14-18.
16. Лушнов, М. А. Автоматизация зерносушильных машин / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 142-145.
17. Лушнов, М. А. Автоматизация процесса послеуборочной сушки зерна / М. А. Лушнов // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 128-131. – EDNZPUDVP.

© Григорьев Р.В, Лукманов Р. Р., Синицкий С.А., 2023

Имамов Ильназ Раилевич

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Синицкий Станислав Александрович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕПЛИЦАХ

Аннотация. Проведен анализ конструкций систем автоматизации, используемых в теплицах. Выявлены преимущества и недостатки существующих систем автоматизации тепличных хозяйств.

Ключевые слова: теплица, автоматизация, система, урожай, условия.

Imamov Ilnaz Railevich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Lukmanov Ruslan Rushanovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Sinitskiy Stanislav Aleksandrovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

AUTOMATION SYSTEMS USED IN GREENHOUSES

Abstraction. An analysis of the designs of automation systems, registration in greenhouses was carried out. The advantages and turnovers of greenhouse farms automation systems are revealed.

Keywords: greenhouse, automation, system, harvest, conditions.

Введение.

Теплицы десятилетиями использовались для выращивания сельскохозяйственных культур в контролируемых условиях, что позволяло производителям продлевать вегетационный период и производить урожай более высокого качества. В последние годы автоматизация тепличных систем произвела революцию в способах выращивания сельскохозяйственных культур и управления ими [1]. В этой статье будут рассмотрены различные системы автоматизации, используемые в теплицах, и то, как они изменили современное выращивание сельскохозяйственных культур.

Условия, материалы и методы исследований

Первой и, возможно, наиболее важной системой автоматизации, используемой в теплицах, является климат-контроль. Традиционные теплицы полагаются на ручную регулировку температуры, влажности и циркуляции воздуха. Однако с помощью автоматизированных датчиков и контроллеров производители могут оптимизировать условия окружающей среды в соответствии с потребностями конкретных культур. Эти системы контролируют температуру, влажность и уровень CO₂ и соответствующим образом регулируют системы вентиляции, отопления и охлаждения, гарантируя, что растения растут в идеальных условиях [2-4].

Еще одной важной системой автоматизации, используемой в теплицах, является орошение. Автоматизированные системы орошения позволяют производителям точно и эффективно доставлять воду и питательные вещества к посевам [5]. Использование датчиков и контроллеров гарантирует подачу нужного количества воды к растениям, сводя к минимуму отходы и оптимизируя рост. Кроме того, автоматизированные системы могут вносить удобрения и питательные вещества непосредственно в поливную воду, что облегчает управление потребностями урожая в питательных веществах.

Освещение также является важной системой автоматизации в современных теплицах [6]. Дополнительное освещение используется в дополнение к естественному освещению в течение коротких дней в году, позволяя культурам расти круглый год. С появлением светодиодного освещения производители могут настраивать спектр и интенсивность света в соответствии с потребностями различных культур, обеспечивая оптимальные условия для фотосинтеза.

Еще одной важной системой автоматизации, используемой в теплицах, является мониторинг урожая. С помощью датчиков и технологии визуализации производители могут отслеживать рост и развитие своих культур в режиме реального времени. Эта технология позволяет производителям выявлять проблемы на ранней стадии, такие как заражение вредителями или дефицит питательных веществ, и принимать корректирующие меры до того, как проблема станет более серьезной. Мониторинг урожая также позволяет более точно управлять урожаем, включая обрезку, сбор урожая и контроль качества.

Наконец, системы автоматизации теплиц также включают в себя трудозатратное оборудование. Автоматизированные системы, такие как оборудование для посадки семян, пересадки и уборки урожая, могут значительно снизить затраты на рабочую силу, позволяя производителям экономить время и деньги.

Анализ и обсуждение результатов

Одним из наиболее существенных преимуществ систем автоматизации в теплицах является их способность собирать и анализировать данные [7, 8]. С помощью датчиков, камер и другого

оборудования для мониторинга производители могут собирать огромное количество данных о росте и развитии своих культур. Эти данные могут быть использованы для оптимизации условий окружающей среды, раннего выявления проблем и принятия обоснованных решений об управлении растениеводством.

Кроме того, системы автоматизации в теплицах также позволяют осуществлять удаленное управление, которое достаточно хорошо используется и в других отраслях агропромышленного производства [9, 10]. Производители могут отслеживать и контролировать рост своих культур и условия окружающей среды из любой точки мира с доступом в Интернет. Эта функция особенно полезна для крупномасштабных тепличных работ, которые охватывают несколько мест.

Однако у автоматизации тепличных систем есть некоторые потенциальные недостатки. Первоначальные затраты на внедрение систем автоматизации могут быть значительными, и производителям могут потребоваться специальные знания и подготовка для эксплуатации и обслуживания этих систем. Кроме того, полагаться на технологии может быть рискованно в случае перебоев в подаче электроэнергии или отказов оборудования, что может привести к потере урожая [11-13].

Несмотря на эти потенциальные проблемы, преимущества систем автоматизации в теплицах намного перевешивают недостатки. С помощью систем автоматизации производители могут добиться более высоких урожаев, более качественного урожая и более эффективного управления растениеводством. Поскольку технологии продолжают развиваться, производители могут рассчитывать на еще более совершенные системы автоматизации, которые еще больше оптимизируют выращивание сельскохозяйственных культур и преобразуют сельскохозяйственную отрасль.

Кроме того, системы автоматизации в теплицах также могут иметь значительные экологические преимущества. Оптимизируя условия окружающей среды, производители могут сократить потребление энергии и воды, что приводит к более устойчивому выращиванию сельскохозяйственных культур. Кроме того, выявляя проблемы на ранней стадии, производители могут свести к минимуму использование пестицидов и других химических веществ, что приводит к более здоровому урожаю и более безопасной рабочей среде для сотрудников.

Еще одним преимуществом систем автоматизации в теплицах является их способность интегрироваться с другими технологиями. Например, некоторые производители используют искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения для анализа данных, собираемых датчиками, и принятия обоснованных решений об управлении урожаем. Другие используют технологию блокчейн для

отслеживания роста и развития своих культур и предоставления потребителям прозрачности в отношении происхождения и качества их продуктов питания.

Интеграция систем автоматизации с другими технологиями также открывает новые возможности для выращивания сельскохозяйственных культур. Например, системы вертикального земледелия и городского земледелия используют автоматизацию и светодиодное освещение для выращивания сельскохозяйственных культур в контролируемых условиях в городах, снижая транспортные расходы и обеспечивая городские районы свежей продукцией.

Выводы

В заключение можно сказать, что системы автоматизации произвели революцию в способах выращивания сельскохозяйственных культур и управления ими в теплицах. Оптимизируя условия окружающей среды, обеспечивая точное орошение, освещение и мониторинг урожая, а также снижая затраты на рабочую силу, производители могут добиться более высоких урожаев, более качественного урожая и более эффективного управления растениеводством. Поскольку технологии продолжают развиваться, производители могут рассчитывать на еще более совершенные системы автоматизации, которые еще больше преобразят сельскохозяйственную отрасль и помогут устойчиво накормить растущее население.

Литература

1. Автоматизированная система управления полива теплиц / Б. Л. Иванов, А. И. Рудаков, Р. Ф. Шарафеев, А. Х. Абделфаттах // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 306-309.

2. Нафиков, И. Р. Электрификация и автоматизация систем приточно-вытяжных вентиляций производственных котельных / И. Р. Нафиков, Р. Р. Лукманов, Б. Л. Иванов // Современные достижения аграрной науки: научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 80 летию д.с.-х.н., профессора, член-корр. РАН, почетного члена АН РТ, Мазитова Н.К. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 99-105.

3. Кашапов И.И. Анализ параметров модели автономного сельскохозяйственного предприятия / И. И. Кашапов, Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Лукманов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова Игоря Евгеньевича, Казань, 25–26 мая 2017

года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 201-203.

4. Рахимзянов, И. А. Совершенствование системы управления микроклиматом теплиц / И. А. Рахимзянов, И. Р. Нафиков, Р. Р. Лукманов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 407-412.

5. Dmitriev, A. V. Study of efficiency of peeling machine with variable deck / A. Dmitriev, B. Ziganshin, D. Khaliullin, A. Aleshkin // Engineering for Rural Development: 19. – Jelgava, 2020. – P. 1053-1058. – DOI 10.22616/erdev.2020.19.tf249.

6. Батталов, И. Г. Сравнительный анализ современных источников освещения / И. Г. Батталов, Д. Т. Халиуллин // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 19-23.

7. Investigation of the effect of air supply on the effective engine performance of a machine-tractor unit under unsteady load / S. A. Sinitsky, V. M. Medvedev, R. R. Lukmanov [et al.] // International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019) : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019), Kazan, 13–14 ноября 2019 года. Vol. 17. – Kazan: EDP Sciences, 2020. – P. 00025. – DOI 10.1051/bioconf/20201700025.

8. Синицкий, С. А. Разработка автоматизированного комплекса сбора и обработки данных при динамических исследованиях двигателя МТА / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 156-159.

9. Лукманов Р. Р. Автоматизированная установка для порционного сбора и транспортировки молока / Патент № 2751084 С1 Российская Федерация, МПК А01J 9/06, А01J 9/00: № 2020121297: заявл. 22.06.2020: опубл. 08.07.2021 / Р. Р. Лукманов, Р. Р. Мамаев, А. Р. Валиев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

10. Вихревой газожидкостный теплогенератор / А. И. Рудаков, Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, И. Р. Нафиков // Аграрная наука XXI века.

Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е., Казань, 04 июня 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 94-102.

11. Мокеев, А. С. Автоматизация и электрификация производственной котельной / А. С. Мокеев, И. Р. Нафиков // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 50-54.

12. Мухаммадиев, Р. Р. Автоматизированная барабанная сушилка для сыпучих продуктов / Р. Р. Мухаммадиев, И. Р. Нафиков // Агроинженерная наука XXI века: Научные труды региональной научно-практической конференции, Казань, 18 января 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 168-171.

13. Иванов, Б. Л. Применение генератора тепла и холода в сельском хозяйстве / Б. Л. Иванов // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков: Материалы научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 201-204.

14. Концептуальные основы корпоративного управления / А. Р. Закирова, Г. С. Клычова, Л. М. Мавлиева, А. Р. Юсупова // Профессия бухгалтера - важнейший инструмент эффективного управления сельскохозяйственным производством : Сборник научных трудов по материалам IX Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора В.П. Петрова, Казань, 16–17 марта 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 62-69. – EDN ZGNCLB.

15. Шакиров, И. З. Влияние освещения на условия труда / И. З. Шакиров, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 380-384. – EDN BМКНIE.

16. Гилязова, А. Н. Способы утилизации изношенных шин / А. Н. Гилязова, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 323-327. – EDN BNXNCR.

©Имамов И.Р., Лукманов Р. Р., Синицкий С.А., 2023

Кекина Карина Евгеньевна

Студентка

Казанский государственный аграрный университет, Казань

e-mail: karinakekina05@gmail.com

Сабиров Булат Миннефаилевич

Ассистент кафедры машин и оборудования в агробизнесе;

e-mail: sabbm5@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, Казань

ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Аннотация. В статье рассматривается важность использования инновационных технологий в животноводстве. Повышение эффективности сельскохозяйственных предприятий невозможно без внедрения инноваций. Прогресс в развитии информационных, технических и коммуникационных средств требует пересмотра отношения к внедрению инноваций в сельскохозяйственное производство.

Ключевые слова: животноводство, инновационные технологии, роботы, оптимальный уход.

Kekina Karina Evgenievna

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: karinakekina05@gmail.com

Sabirov Bulat Minnefailevich

Assistant of the Department of Machinery and Equipment in Agribusiness;

e-mail: sabbm5@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ANIMAL HUSBANDRY

Abstract. The article discusses the importance of using innovative technologies in animal husbandry. Improving the efficiency of agricultural enterprises is impossible without the introduction of innovations. Progress in the development of information, technical and communication means requires a revision of the attitude towards the introduction of innovations in agricultural production.

Keywords: animal husbandry, innovative technologies, robots, optimal care.

Животноводство – важнейшая отрасль сельского хозяйства, которая снабжает население страны мясом, молоком и другими продуктами животного происхождения. Но животноводство нуждается в постоянном развитии и усовершенствовании [1, 2, 3]. Инновационные технологии в животноводстве – направление, оказывающее влияние на современное видение животноводства. Рассмотрим некоторые

инновационные технологии, используемые в животноводстве и каким образом они помогают улучшить производство.

1. Индивидуальное дозирование.

Индивидуальное дозирование – новейшая технология, позволяющая учитывать все индивидуальные потребности животного [4, 5, 6]. Данная технология основана на использовании электронных бирок, которые носят животные. Бирки оснащены специальным датчиком, который считывает состояние животного, его питание и уровень активности. Полученные данные позволяют животноводам обеспечивать оптимальный уход и лечение для животных, путем корректировки рациона и их содержания.



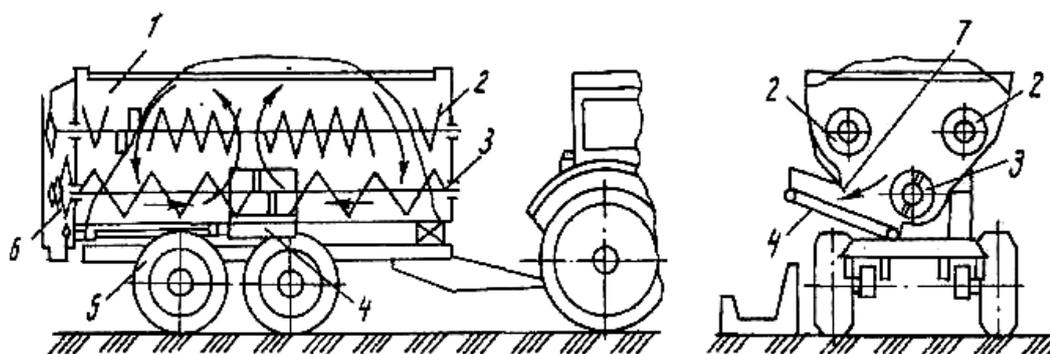
Рисунок 1 - Электронные бирки для крупного рогатого скота

2. Продукты от вставки новых генов.

Генное инженерное животноводство – процесс внесения новых генов в ДНК животных, позволяющее улучшить их качество и продуктивность [7, 8]. Чаще всего данная методика используется для получения молока и яиц.

3. Использование роботов для ухода за животным.

Использование роботов в животноводстве – также одно из важных направлений. Существуют роботы для разных задач: от доения и кормления животных, до уборки помещений [9, 10]. Роботы работают круглосуточно, что позволяют уменьшить штат сотрудников и снизить затраты на содержание животных.



1 – кузов; 2 – верхний шнек; 3 – нижний шнек; 4 – выгрузной транспортер; 5 – ходовая часть; 6 – привод рабочих органов; 7 – заслонка

Рисунок 2 - Схема кормораздатчика РСР -10

4. Создание условий для ускорения роста животных.

Животноводы постоянно ищут новые способы, чтобы ускорить процесс роста животных [11, 12, 13]. Инновационные технологии, такие как использование специальных добавок к кормам животных, могут помочь в ускорении роста и улучшении здоровья животных.

5. Автоматизация процесса доения.

Автоматизация процесса доения – технология, позволяющая повысить эффективность производства молока и снизить затраты [14, 15]. Доильные аппараты устанавливаются в специальном помещении для доения и работают автономно.

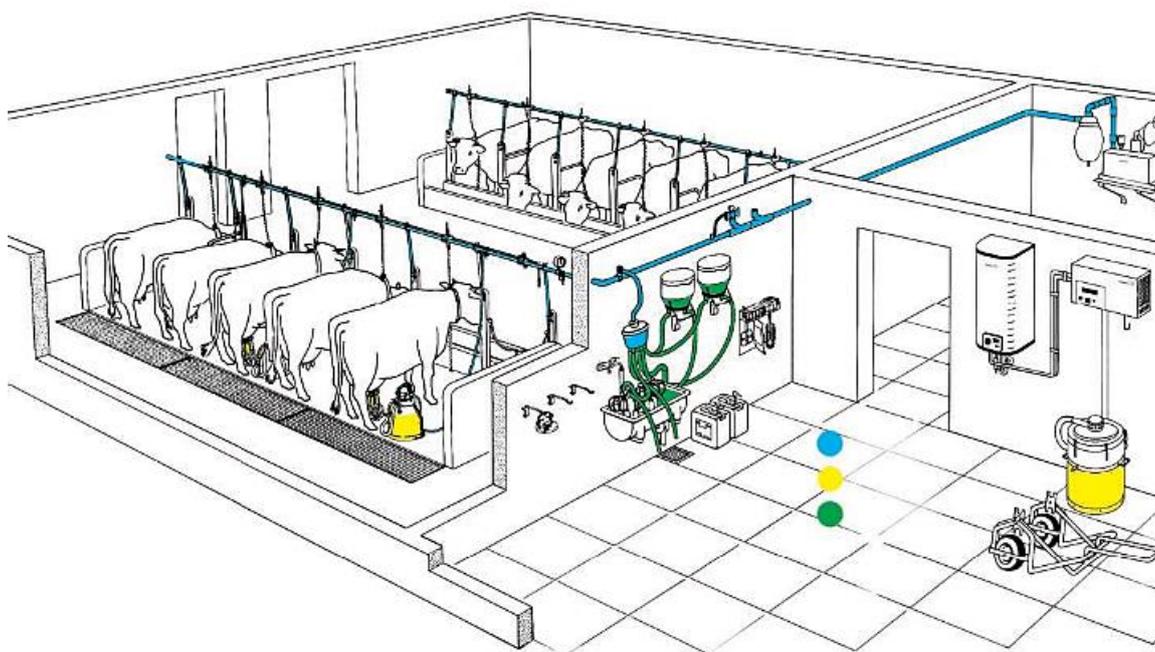


Рисунок 3 - Схема помещения с доильными аппаратами

6. Использование интеллектуальных систем управления
Интеллектуальные системы управления – новейшая технология, позволяющая животноводам управлять хозяйствами с минимальными затратами на ресурсы [16, 17].

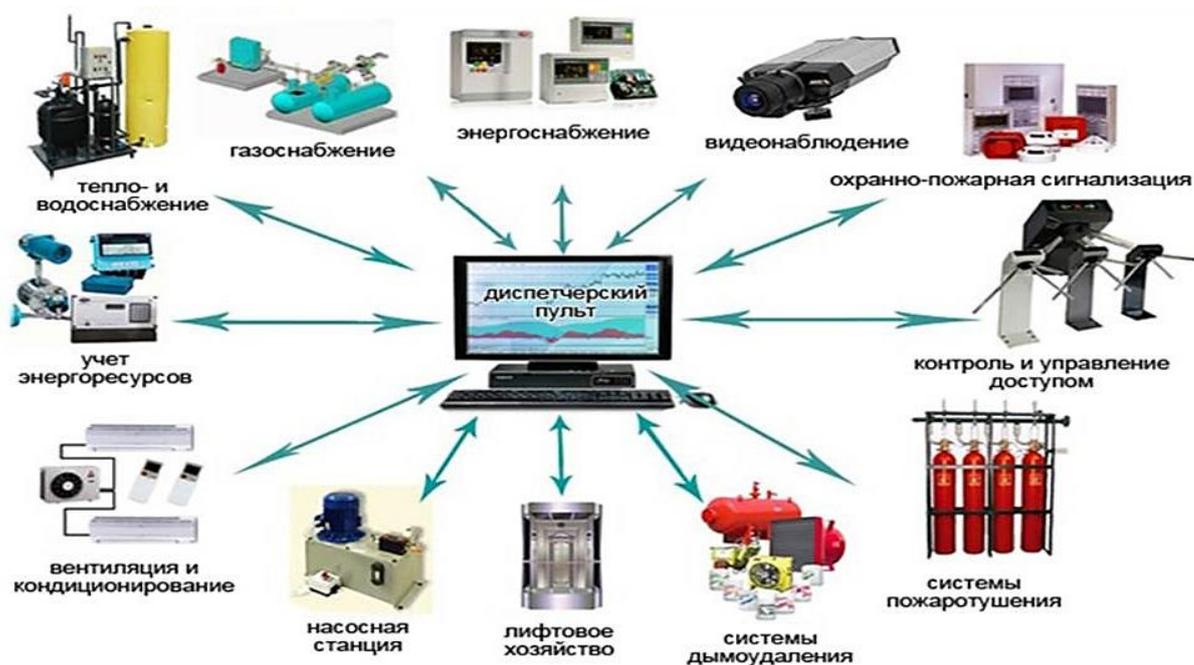


Рисунок 4 - Схема ИСУ

7. Использование картографических технологий.

Картографические технологии – компьютерные программы, позволяющие животноводам оптимизировать и контролировать процессы производства [18, 19, 20]. Они создают дигитальные карты, позволяющие обеспечить должную гигиену на птицефабриках и определить оптимальную расстановку хозяйственных сооружений.

Инновационные технологии – важнейшее направление развития животноводства и всего сельского хозяйства [21, 22]. Главная цель технологий – оптимизировать работу животноводов и улучшить качество получаемых продуктов. Инновационные технологии позволяют снижать затраты на ресурсы и повышать условия содержания животных [23, 24, 25].

Таким образом, сегодня инновационные технологии становятся необходимыми для животноводческой отрасли, и с их помощью мы сможем создать более совершенную и эффективную систему животноводства.

Литература

1. Исследование устройства для дробления зерна / Б. М. Сабиров, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.] // Вестник Казанского государственного

аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 1(69). – С. 75-79. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-75-79.

2. Патент № 2667098 С1 Российская Федерация, МПК В02С 13/14. устройство для дробления зерна: № 2017113492: заявл. 18.04.2017: опубл. 14.09.2018 / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Б. М. Сабилов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ). – EDN ZCSPZR.

3. Андреева, А. В. Иммунобиологические изменения в организме телят под влиянием композиций фитопробióтиков и полисолей микроэлементов: [о проблеме разработки экологически безопасных препаратов, способных обеспечить биологическую защиту животных] / А. В. Андреева, О. Н. Николаева // Достижения науки и техники АПК. - 2020. - № 4. - С. 36-38.

4. Халиуллин, Д. Т. Современные технологии производства комбикормов / Д. Т. Халиуллин, М. Р. Хадиев, Б. И. Гарифуллин, И. М. Гомаа // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский ГАУ, 2020. – С. 267-273.

5. Результаты вычислительных экспериментов по снижению выброса оксида углерода на транспортных операциях в АПК / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев, Б. И. Гайнуллин // Динамика механических систем: материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора А.К. Юлдашева, Казань - Ижевск, 23–24 сентября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-118.

6. Сабилов, Б. М. Анализ конструкций машин для дробления зерна / Б. М. Сабилов, И. М. Гомаа, Ф. Ф. Хасанова // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 171-177.

7. Зиганшин, Б. Г. Разработка конструкции измельчителя-смесителя кормов / Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев, Д. Т. Халиуллин, Р. С. Пополднєв // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 121-126.

8. Абдуллин, Р. Ф. Разработка стеллажного подъемника / Р. Ф. Абдуллин // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 80-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 08–09 февраля 2022 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 3-8.

9. Гильмуллин, И. Т. Разработка машины для дробления зерна / И. Т. Гильмуллин, И. А. Саяхов, И. Р. Нафиков // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 53-58.
10. Замалдинов, Н. М. Экспериментальная установка для измельчения сочных кормов / Н. М. Замалдинов, Р. Р. Лукманов, И. Р. Нафиков // Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры: Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 98-103.
11. Сахарова, В. В. Исследование существующих конструкций измельчителей сочных кормов / В. В. Сахарова // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 263-270.
12. Салахов, И. М. Основные направления восстановления и упрочнения режущих поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин / И. М. Салахов, Н. Ф. Вафин, Т. Н. Вагизов // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР Гайнанова Хазипа Сабировича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 139-145.
13. Совершенствование составов и технологии получения световозвращающих материалов / Т. Н. Вагизов, Н. Я. Галимова, Н. А. Адыева, Э. Э. Шарафутдинова // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2019: материалы X Международной научно-технической конференции, Казань, 05–06 декабря 2019 года. Том Часть 1. – Казань: Без издательства, 2019. – С. 12-15.
14. Абдуллин, Р. Ф. Разработка подъемника для складского хозяйства / Р. Ф. Абдуллин, М. Н. Калимуллин, М. З. Салимзянов // Проблемы развития малого и среднего бизнеса на селе в условиях цифровой трансформации экономики: Материалы международной научно-

практической конференции, посвященной 100-летию Казанского ГАУ, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 63-69.

15. A. S. Krasnikov, A. M. Krasnikova. Digital transformation of agriculture: problems and prospects // *Journal of Environmental Management and Tourism*. – 2020. Vol. 11, No. 1 (35), pp. 95-101.

16. Хафизов, К. А. Оптимизация основных параметров колесного трактора, работающего в составе посевного комплекса типа ДМС (долотообразный сошник) / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 07–08 июня 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 115-121.

17. Ахметзянов, Р. Р. Древесина как сырье для подшипников скольжения сельскохозяйственных машин / Р. Р. Ахметзянов, Т. Н. Вагизов, А. Р. Ахметзянова // Современные достижения аграрной науки : Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора, академика академии Аграрного образования, лауреата Государственной премии РФ в области науки и техники, заслуженного изобретателя СССР ГайнановаХазипаСабиновича, Казань, 26 февраля 2021 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 200-204.

18. Вагизов, Т. Н. Внедрение информационных технологий для проектирования технологических процессов при производстве, ремонте и сервисном обслуживании сельскохозяйственной техники / Т. Н. Вагизов, Р. Р. Ахметзянов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды 2-ой Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Ю.И. Матяшина, Казань, 24–25 марта 2022 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 16-24.

19. Пополднев, Р. С. Обзор конструкций измельчителей кормов / Р. С. Пополднев, Б. М. Сабилов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г., Казань, 28–29 октября 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 13-22.

20. Сабилов, Б. М. Механизация производственных процессов в пчеловодстве / Б. М. Сабилов, Б. Г. Зиганшин, И. Р. Нафиков // Развитие

АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 259-268.

21. Патент № 2788535 С1 Российская Федерация, МПК А01F 29/00. измельчитель-смеситель кормов: № 2022105492: заявл. 28.02.2022: опубл. 23.01.2023 / Р. С. Пополднев, Б. Г. Зиганшин, А. В. Дмитриев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет".

22. D. G. Prokopen. Digital transformation of the agrarian sector: challenges and opportunities // Agro-industrial complex: economics, management. – 2019. Vol. 7, No. 29, pp. 7-13.

23. Хафизов, К. А. Теоретические основы энергетического подхода к обоснованию типажа тракторов / К. А. Хафизов, Р. Н. Хафизов, А. А. Нурмиев // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса, Казань, 15–16 мая 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 219-229.

24. Кондратьев, А. П. Обзор автоматических КПП / А. П. Кондратьев, А. А. Нурмиев // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 46-49.

25. Васильев, С. С. Использование УВЧ-терапии в сельском хозяйстве: [для лечения животных в производственных условиях был разработан и запатентован специальный аппарат для ветеринарии] / С. С. Васильев, И. И. Гришин, Н. Н. Судаков // Техника в сельском хозяйстве. - 2018. - № 2. - С. 45-46.

© Кекина К.Е., Сабиров Б.М., 2023

УДК 638.142.

Семенов Владимир Юрьевич

Студент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Лукманов Руслан Рушанович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

Нафиков Инсаф Рафитович

Кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный аграрный университет, Казань

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В УЛЬЯХ

Аннотация. Руководствуясь федеральным законом от 30.12.2020 г. №490-ФЗ, считаю целесообразным уделить большое внимание для улучшения качества работы в сфере пчеловодства. Поэтому предлагается один из вариантов для повышения уровня производительности в данной статье.

Ключевые слова: пчеловодство, автоматизация, улья, мёд, устройство.

Semenov Vladimir Yurievich

Student, Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Lukmanov Ruslan Rushanovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

Nafikov Insaf Rafitovich

Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR AUTOMATIC TEMPERATURE MAINTENANCE IN HIVES

Abstract. Guided by Federal Law №490-FZ of December 30, 2020, I consider it expedient to pay great attention to improving the quality of work in the field of beekeeping. Therefore, one of the options for improving the level of performance in this article is proposed.

Keywords: beekeeping, automation, beehives, honey, device.

Введение

В последние годы растёт озабоченность по поводу сокращения популяции медоносных пчел во всем мире. Пчелы играют решающую роль в опылении многих продуктов, которые мы употребляем в пищу, и их исчезновение может иметь значительные последствия для наших

запасов продовольствия. Одним из факторов, способствующих этому снижению, является стресс, вызванный факторами окружающей среды, такими как изменения температуры, которые могут негативно повлиять на здоровье пчел и выживание колонии. В ответ на этот вызов исследователи и пчеловоды разрабатывают новые технологии для поддержания здоровья пчелиных семей. Одной из таких технологий является устройство для автоматического поддержания температуры в ульях.

Условия, материалы и методы исследований

Ульи являются домом для множества пчёл, которые работают над производством мёда и пчелиного воска. В то время как пчелы могут регулировать температуру внутри улья в некоторой мере, иногда необходимо вмешательство человека для поддержания оптимальной температуры. Разработка устройства для автоматического поддержания температуры в ульях может помочь облегчить эту задачу.

Прежде всего, необходимо понимать, почему поддержание оптимальной температуры в ульях так важно для здоровья пчёл. Пчелы являются теплокровными существами и могут поддерживать температуру внутри улья в диапазоне от 32 до 36 °C. Это необходимо для множества процессов, включая обеспечение оптимальных условий для выведения личинок и поддержания медоносных культур.

Разработка устройства для автоматического поддержания температуры в ульях может быть выполнена с использованием термостата, который управляет нагревательным элементом. Термостат может быть настроен для поддержания температуры внутри улья в определённом диапазоне, который может быть определён в зависимости от нужд пчёл и условий окружающей среды.

Устройство использует комбинацию датчиков и контроллеров для контроля температуры внутри улья, а затем соответствующим образом регулирует температуру. Датчики определяют количество тепла, выделяемого самими пчёлами, а также температуру окружающей среды за пределами улья. Затем контроллеры сравнивают два измерения и могут регулировать температуру внутри улья, используя различные методы, такие как нагрев или охлаждение улья с помощью внешнего источника или использование циркуляции воздуха.

Кроме того, устройство может быть оборудовано системой автоматического отключения, которая выключает нагревательный элемент, если температура в улье становится слишком высокой. Это может быть важным механизмом защиты для пчёл, которые могут быть чувствительны к перегреву.

Анализ и обсуждение результатов

Разработка устройства для автоматического поддержания температуры в ульях может существенно облегчить жизнь пчеловодов, позволяя им более точно контролировать температуру в ульях и

обеспечивать оптимальные условия для выведения личинок и производства мёда. Более того, устройство может помочь улучшить эффективность работы пчёл, что в конечном итоге приведёт к увеличению количества произведённого мёда.

Важно отметить, что при разработке устройства для автоматического поддержания температуры в ульях необходимо учитывать различные факторы [1-2]. Например, в разных регионах и в разное время года условия могут отличаться, поэтому устройство должно быть способно адаптироваться к различным климатическим условиям [3-5]. Кроме того, необходимо убедиться, что устройство не будет наносить вред пчёлам или их окружению, и что оно будет безопасно в использовании.

Существуют уже готовые решения на рынке, которые позволяют автоматически регулировать температуру в ульях, но многие пчеловоды также предпочитают разрабатывать свои собственные устройства [6, 7]. Это может позволить им более тесно контролировать процесс и адаптировать устройство к своим конкретным нуждам.

Для разработки устройства для автоматического поддержания температуры в ульях можно использовать различные технологии и компоненты. Например, термодатчики могут использоваться для измерения температуры внутри улья, а электронные регуляторы мощности могут использоваться для управления нагревателями или охладителями воздуха [8, 9].

Важно также учитывать, что пчелы чувствительны к изменениям влажности и качества воздуха [10, 11]. Поэтому устройство может включать в себя дополнительные компоненты, такие как датчики влажности и фильтры воздуха, для обеспечения более здоровой среды внутри улья.

При разработке устройства для автоматического поддержания температуры в ульях следует также учитывать, что пчелы обычно поддерживают определённую температуру внутри улья с помощью коллективной работы и движения воздуха. Поэтому устройство должно быть настроено таким образом, чтобы поддерживать естественный процесс, а не заменять его полностью.

Важным аспектом при разработке устройства для автоматического поддержания температуры в ульях является обеспечение энергоэффективности [12]. Это может быть достигнуто, например, путём использования материалов с высокой теплоизоляцией и энергосберегающих компонентов.

Наконец, при использовании устройства для автоматического поддержания температуры в ульях необходимо следить за его работой и регулярно проводить техническое обслуживание. Это поможет сохранить оптимальные условия для пчёл и медоносных культур, а также продлить срок службы устройства.

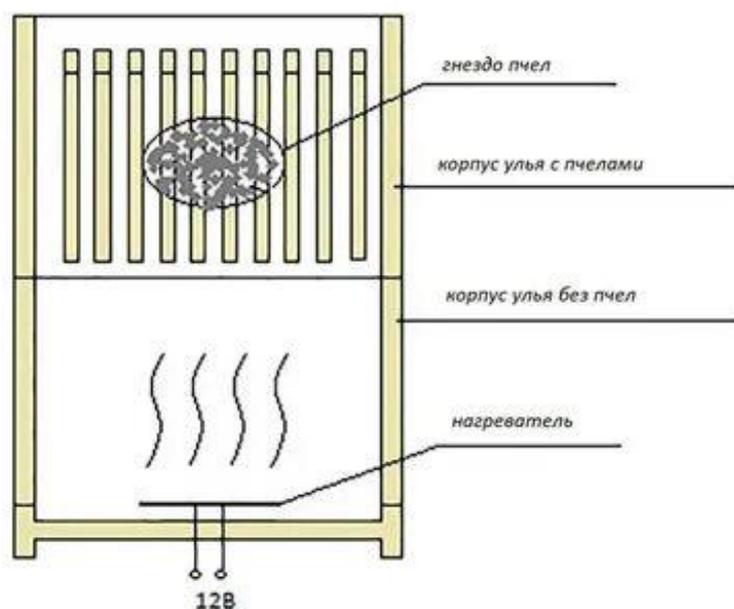


Рисунок 1 – Пример схемы автоматизированного поддержания температуры в улье

Выводы

В заключение, автоматические устройства для поддержания температуры в ульях потенциально могут значительно улучшить здоровье пчёл и выживаемость колоний. Эти устройства могут снизить рабочую нагрузку пчеловодов, позволяя им сосредоточиться на других аспектах пчеловодства [13-15]. Они также могут предоставлять данные о состоянии улья в режиме реального времени, позволяя пчеловодам выявлять потенциальные проблемы до того, как они станут более серьёзными. Поскольку популяция пчёл продолжает сокращаться, важно, чтобы мы продолжали разрабатывать новые технологии для поддержания их здоровья и выживания, и устройства автоматического поддержания температуры в ульях являются многообещающим шагом в этом направлении.

Литература

1. Кашапов И.И. Анализ параметров модели автономного сельскохозяйственного предприятия / И. И. Кашапов, Б. Г. Зиганшин, Р. Р. Лукманов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова Игоря Евгеньевича. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2017. – С. 201-203.
3. Мокеев, А. С. Автоматизация и электрификация производственной котельной / А. С. Мокеев, И. Р. Нафиков // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 50-54.

3. Рахимзянов, И. А. Совершенствование системы управления микроклиматом теплиц / И. А. Рахимзянов, И. Р. Нафиков, Р. Р. Лукманов // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 407-412.
4. Синицкий, С. А. Разработка автоматизированного комплекса сбора и обработки данных при динамических исследованиях двигателя МТА / С. А. Синицкий, Р. Р. Лукманов // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации: Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 156-159.
5. Лукманов Р. Р. Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев [и др.] // Патент на полезную модель № 184957 U1 Российская Федерация, МПК А01J 5/00. Двухтактный доильный аппарат попарного доения: № 2018125165: заявл. 09.07.2018: опубл. 15.11.2018; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный аграрный университет" (ФГБОУ ВО Казанский ГАУ).
6. Патент № 2126621 С1 Российская Федерация, МПК А01К 47/00, А01К 47/06, А01К 51/00. устройство для регулирования температуры в улье: № 97111450/13: заявл. 08.07.1997: опубл. 27.02.1999 / А. Ф. Рыбочкин, И. С. Захаров; заявитель Курский государственный технический университет.
7. Оськин, С. В. Моделирование весенней агрегации пчел в улье при больших суточных колебаниях температуры наружного воздуха / С. В. Оськин, Д. А. Овсянников // Биофизика. – 2020. – Т. 65, № 5. – С. 978-985. – DOI 10.31857/S0006302920050154.
8. Благодарный, Н. С. Контроль температуры в улье / Н. С. Благодарный, Р. Р. Галеев // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2018. – Т. 1. – С. 62.
9. Электрическое устройство для поддержания микроклимата в пчелином улье / С. Н. Борычев, Д. Е. Каширин, А. А. Симдянкин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 4(298). – С. 36-38. – DOI 10.33267/2072-9642-2022-4-36-38.
10. Оськин, С. В. Моделирование температурно-влажностного режима в пчелином улье / С. В. Оськин, А. А. Лоза, С. М. Федак // АПК России. – 2023. – Т. 30, № 2. – С. 223-229. – DOI 10.55934/2587-8824-2023-30-2-223-229.
11. Рыскулов, М. М. Устройство контроля температуры и влажности в ульях / М. М. Рыскулов // Теоретические и экспериментальные

исследования нелинейных процессов в конденсированных средах: материалы VII Межрегиональной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 60-летию первого полёта человека в космос, Уфа, 20–21 мая 2021 года. – Уфа: Башкирский государственный университет, 2021. – С. 102-103.

12. Трошков, А. М. Исследования диагностики и регулирования температурного режима замкнутого пространства улья с применением мобильного матричного датчика температуры / А. М. Трошков, С. В. Богданова, А. Н. Ермакова // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2015. – № 2(31). – С. 131-137. – DOI 10.15688/jvolsu3.2015.2.14.

13. Оськин, С. В. Использование электротехнологий для улучшения микроклимата в ульях / С. В. Оськин, Д. А. Овсянников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 106. – С.

14. Social development mechanism of an agricultural enterprise formation / A. Klychova, G. Klychova, A. Zakirova [et al.] // E3S Web of Conferences : 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018, St. Petersburg, 10–12 декабря 2018 года. Vol. 110. – St. Petersburg: EDP Sciences, 2019. – P. 02072. – DOI 10.1051/e3sconf/201911002072. – EDN SNWVGK.

15. Assessment of the efficiency of investing activities of organizations / G. Klychova, A. Zakirova, K. Pinina [et al.] // E3S Web of Conferences : 2018 International Science Conference on Business Technologies for Sustainable Urban Development, SPbWOSCE 2018, St. Petersburg, 10–12 декабря 2018 года. Vol. 110. – St. Petersburg: EDP Sciences, 2019. – P. 02075. – DOI 10.1051/e3sconf/201911002075. – EDN LZFKEN.

16. Гилязова, А. Н. Способы утилизации изношенных шин / А. Н. Гилязова, О. И. Макарова, Ф. Ф. Яруллин // Научное сопровождение технологий агропромышленного комплекса: теория, практика, инновации : Научные труды I-ой Международной научно-практической конференции, Казань, 06–07 февраля 2020 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – С. 323-327. – EDN BNXNCR.

©Нафиков И. Р., Лукманов Р. Р., Семенов В. Ю., 2023

Шарафиев Инсаф Фаритович
студент Казанский государственный аграрный
университет, Казань

e-mail: insaf.sharafiev@tatarstan.ru

Нафиков Инсаф Рафитович
Кандидат технических наук, доцент
Казанский государственный аграрный университет, Казань
e-mail: insaf-82@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ САМОХОДНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОДОДВИГАНИЯ КОРМОВ НА ФЕРМАХ КРС

Аннотация. Рассмотрена возможность использования роботов в различных отраслях сельского хозяйства. Основная цель исследования состоит в том, чтобы выявить выгоды и оценить экономическую эффективность использования робототехники в кормлении крупного рогатого скота. Главным преимуществом использования робота-пододвигателя кормов являются экономии трудозатрат, повышение продуктивности животных, снижение потерь корма

Ключевые слова: кормление животных, продуктивность животных, кормораздатчик, пододвигатель, подталкивать кормов.

Sharafiev Insaf Faritovich

Student

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: insaf.sharafiev@tatarstan.ru

Nafikov Insaf Rafitovich

Ph.D., associate professor;

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia

e-mail: insaf-82@mail.ru

APPLICATION OF SELF-PROPELLED MACHINES FOR PUSHING FORAGE IN CATTLE FARMS

Abstract. The possibility of using robots in various branches of agriculture is considered. This study's main objective is to identify the benefits and evaluate the cost-effectiveness of using robotics in cattle feeding. The main advantage of using a feed pusher robot is to save labor costs, increase animal productivity, reduce feed loss.

Keywords: animal feeding, animal productivity, feed dispenser, feed pusher.

В настоящее время самой большой нишей сельскохозяйственной робототехники является доильная робототехника. Рынок растет

значительно в сегменте беспилотных летательных аппаратов, осуществляющих мониторинг и обработку сельскохозяйственных угодий [1,2].

В ближайшем будущем спрос на роботов для замены людей в операциях с высокой долей монотонный, тяжелый ручной труд: увеличатся выборочная обработка урожая, уборка урожая и т. д. В то же время набирает популярность использование роботов-кормораздатчиков для кормления животных [3,4]. Процесс приготовления комбикормов и фуража является одной из самых трудоемких операций в животноводстве племенных ферм. Для автоматизации процесса изготовления комбикормов на животноводческих фермах внедряются автоматические системы кормления, в том числе пододвигатели кормов. Одно из ключевых преимуществ автоматической системы кормления является возможность значительного увеличения частоты кормления до 8 раз или больше в день, снижение потерь корма в результате неравномерного потребления, и др. [5]. Некоторые исследования касаются наблюдения за влиянием этого параметра на поведение животных, их продуктивность и другие физиологические показатели. Использование робототехники в сельском хозяйстве значительно повысить уровень конкурентоспособности данной отрасли [6,7].

Летом и зимой, кормление крупного рогатого скота не отличается и соответствует норме, а колебание удоев в отдельные месяцы бывает незначительны. В коровнике с робототехникой скот получал основной корм в виде кормосмеси, состоящей из 85% грубых и сочных травяных кормов: в том числе кукурузный силос, сено из многолетних трав и небольшое количество сена; летом используется зеленая масса многолетних трав [8,9,10]. Смесь концентратов производимого в хозяйстве, в том числе ячменя, патоки, соли и других добавок в кормовой смеси составляет 10%. В зависимости от продуктивности скот получает товарный корм в виде гранул, который скармливался автоматически в роботизированном доении [11,12,13].

Использование робототехники в сельском хозяйстве каждым годом увеличивается. Преимуществом молочных комплексов является применение доильных роботов. Вся робототехника, используемая в Российской Федерации, иностранных производителей [14,15].

На сегодняшний день существуют разные фирмы производства пододвигателей кормов. Одним из распространенными является голландской фирмы Lely, предназначенный для использования на животноводческих фермах (коровниках). Робот адаптируется к любому коровнику, с возможностью работы сразу в нескольких помещениях, на открытом бетонном полу (Рисунок 1)



Рисунок 1 –Общий вид пододвигателя кормов фирмы Lely
 Популярными являются также роботы-пододвигатели DeLaval, Швеция (Рисунок 2)



Рисунок 2 – Общий вид пододвигателей кормов фирмы DeLaval
 Изначально зарубежные роботы подталкиватели кормов предназначались для работы на семейных фермах европейских стран, которые из-за конструктивных параметров не имеют возможности передвигаться на не ровных поверхностях напольного покрытия наших ферм в разные времена года. В связи с этим нашими разработчиками были созданы пододвигатели кормов повышенной проходимости. (Рисунок 3).

Отличительной особенностью подталкивателя кормов ПК-1 от зарубежных моделей, является наличие колеса большого диаметра, который позволяет преодолевать ему все неровности и уклоны покрытия кормового стола

Основная функция кормораздатчика – перемещение и одновременное перемешивание корма в однородная масса на кормовом столе на заданном расстоянии от стойл для обеспечения надлежащего доступа для животных на корм. Робот должен самостоятельно перемещать и перемешивать корм для животных несколько раз в сутки. Есть функция безопасного движения робота (бесконтактный система безопасности). Робот останавливается на расстоянии 30-50 см от препятствия. Он использует датчик расстояния,

которые установлены на передней его части корпуса. Задняя панель и боковые стороны оснащены контактными датчиками которые позволяют совершать различные маневры.



R-Sept



ПК-1

Рисунок 3 – Общий вид пододвигателей кормов российской разработки

Толкатель аккумуляторных кормов подходит для любых жестких и гладких кормовых столов и может перемещаться вдоль любых кормовых ограждений.

Закупка роботов-подталкивателей кормов в РФ субсидируется государством, т.е. часть стоимости установки и оплаты дилерам возвращается фермеру. Для поддержки фермеров, стратегия научно-технического развития Российской Федерации до 2030 г., одним из приоритетов которого является переход в течение ближайших 10-15 лет на цифру, интеллектуальные производственные технологии, роботизированные системы. Это увеличивает вероятность дальнейших покупок эта техника. Дальнейшему увеличению количества используемых планировочных роботов-кормораздатчиков будет способствовать созданию дополнительных рабочих мест в высокотехнологичной сфере, включая программирование и обслуживание робототехника. Наконец, это может привести к сокращению ручного неквалифицированного труда в сельском хозяйстве. Существенной угрозой для России является явное отставание в научно-техническом развитии и исследование робототехники для сельского хозяйства. Решением этой проблемы могут стать совместные организации с зарубежные партнеры. Тотальное использование робототехники в промышленности может увеличить вероятность роста безработица в сельской местности с ручным, неквалифицированным трудом. По некоторым прогнозам, робототехника, в том числе в сельском хозяйстве, может увеличить технологическую безработицу. Это особенно верно для аграрного сектора, в который вовлечена значительная часть сельского

населения. Необходимо выявить наиболее уязвимые виды деятельности, что позволит сформулировать научно-практические рекомендации по государственной политике, а также разработка личных карьерных стратегий на будущее генерация кадров. Изучение угроз длительной технологической безработицы в сельское хозяйство в результате роботизации является актуальной проблемой. Мы также можем отметить отсутствие осведомленность фермеров о возможностях роботов. Это может быть связано с обучением специализированные учебные заведения по устаревшим программам. Необходимо провести модернизацию система подготовки кадров в высших аграрных, средних специальных и профессиональных учебных заведениях с повышение активных методов обучения, формирование у фермеров компетенций по работе с робототехникой. Препятствием для дальнейшего использования робототехники в сельском хозяйстве, в том числе корморазбрасывателей, является слабое развитие или отсутствие инфраструктуры в сельской местности, а также возможность сопротивления рабочих внедрению роботов. Отсутствие свободных денежных средств у фермеров существенно снижает возможность технических модернизация отрасли. Таким образом, роботизация откорма крупного рогатого скота на животноводческой ферме должна стать первоочередной задачей, так как существуют объективные причины использования данного оборудования и существенные преимущества его использования по сравнению с традиционным технологии, которые проявляются на уровне хозяйствующих субъектов, отрасли и государства в целом.

Использование толкателей кормов имеет значительные преимущества, в том числе увеличение производительности в результате стимуляции потребления корма, снижение потерь корма при кормлении в среднем на 50-75%, увеличение во время активности коров и обеспечения регулярного потребления корма. Таким образом, использование робота-подталкивателя кормов имеет множество неоспоримых преимуществ. Ожидается, что в будущем возможно увеличение использования этих роботов, так как происходит увеличение кадровых рисков из-за сокращение сельского населения и увеличение дефицита рабочей силы в сельской местности.

Литература

1. Дробилка молотковая безрешетная для измельчения концентрированных кормов / Ф. Ф. Хасанова, И. Р. Нафиков, Ф. Ф. Хасанов [и др.] // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: Труды III международной научно-практической конференции, Казань, 22 мая 2019 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 197-201.

2. Эффективная система промывки молокопровода / Э. Р. Далалеев, И. Н. Гаязиев, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Сельский механизатор. – 2017. – № 6. – С. 28-29.
3. Лукманов Р. Р. Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев [и др.] // Патент на полезную модель RU 184957 U1, 15.11.2018. Заявка № 2018125165 от 09.07.2018.
4. The use of the Mephosphon drug to accelerate the process of biogas output and ripening of organic wastes / Z. Khaliullina, Yu. Shogenov, I. Gayfullin [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020), Kazan, 28–30 мая 2020 года. – EDP Sciences: EDP Sciences, 2020. – P. 00127. – DOI 10.1051/bioconf/20202700127.
5. Современное оборудование для доения коров / А. Р. Валиев, Ю. А. Иванов, Б. Г. Зиганшин [и др.]. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2020. – 232с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – ISBN 978-5-8114-4621-6.
6. Лукманов Р. Р. Автоматизированная установка для порционного сбора и транспортировки молока / Р. Р. Лукманов, Р. Р. Мамаев, А. Р. Валиев [и др.] // Патент RU 2751084 C1, 08.07.2021. Заявка № 2020121297 от 22.06.2020.
7. Современное состояние и перспективы развития гибридной генерации в агропромышленном комплексе / А. И. Рудаков, Б. Л. Иванов, М. А. Лушнов, [и др.] // Современные достижения аграрной науки: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Гайнанова Х. С. Том 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 132-139.
8. Лукманов Р. Р. Двухтактный доильный аппарат попарного доения / Р. Р. Лукманов, Б. Г. Зиганшин, Г. Г. Булгариев, [и др.] // Патент RU 2681886 C1, 13.03.2019. Заявка № 2018116963 от 07.05.2018.
9. Мокеев, А. С. Автоматизация и электрификация производственной котельной / А. С. Мокеев, И. Р. Нафиков // Студенческая наука - аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции, Казань, 11–12 апреля 2018 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2018. – С. 50-54.
10. Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Электрические машины» / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Р. К. Хусаинов [и др.]. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2020. – 40 с.

11. Рудаков А. И. Горизонтальный смеситель-запарник кормов / А. И. Рудаков, М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов [и др.] // Патент RU 2752996 С1, 11.08.2021. Заявка № 2020129542 от 07.09.2020.
12. Применение установок для получения экологически чистой электроэнергии / И. И. Гильмутдинов, Р. К. Хусаинов, И. Г. Галиев [и др.] // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: научные труды Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мартьянова А.П. / Казанский государственный аграрный университет. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2022. – С. 31-36.
13. Шарифуллин, И. М. технологии приготовления и раздачи кормов на фермах КРС / И. М. Шарифуллин, И. А. Валишин, И. Р. Нафиков // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы: труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 257-263.
14. Нафиков, И. Р. Травмирование сельскохозяйственных культур шнековыми рабочими органами / И. Р. Нафиков, М. А. Лушнов, И. А. Валишин // Развитие АПК и сельских территорий в условиях модернизации экономики: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора экономических наук, профессора Н.С. Каткова, Казань, 16–17 февраля 2023 года. Том 2. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2023. – С. 235-241.
15. Лушнов М. А. Горизонтальный продувочный смеситель-запарник кормов / М. А. Лушнов, Б. Л. Иванов, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Патент на полезную модель RU212130 U1, 07.07.2022. Заявка №2021125003 от 23.08.2021.
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662128. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик : № 2014618754 : заявл. 25.08.2014 / Ф. Х. Халиуллин, В. М. Медведев, А. Ф. Халиуллин ; заявитель Халиуллин Фарит Ханафиевич, Медведев Владимир Михайлович, Халиуллин Айрат Фаритович. – EDN SHMAFT.
17. Патент на полезную модель № 66526 U1 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. Стенд для исследования рабочих процессов двигателя внутреннего сгорания в динамических режимах : № 2007116543/22 : заявл. 02.05.2007 : опубл. 10.09.2007 / А. К. Юлдашев, Ю. К. Евдокимов, С. А. Синицкий [и др.] ; заявитель Казанский государственный аграрный университет. – EDN HILMIZ.

©Шарафиев И.Ф., Нафиков И.Р., 2023

Формат 60x84/8 Тираж 200 Подписано к печати 01.01.2023
Печать офсетная. Усл.п.л. 31,25 Заказ 607.
Издательство КГАУ/420015, г. Казань, ул.К. Маркса, 65
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД №06342 от 28.11.2001 г.
Отпечатано в типографии КГАУ
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 65
Казанский государственный аграрный университет