

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

ISSN 2072-9642



Machinery and Equipment for Rural Area
Сельхозпроизводство • Агротехсервис • Агробизнес

RSM 2000

НАДЕЖНЫЙ, ДОСТУПНЫЙ

ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ
ВЫСШИХ
РЕЗУЛЬТАТОВ!



Подробные ТТХ по ссылке:



РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника Профессионалов

№ 11 | Ноябрь 2021
November 2021

Реклама

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЖИВОТНОВОДСТВА,
ПЛЕМЕННОГО ДЕЛА И КОРМОПРОИЗВОДСТВА

Agros^{DLG} 2022 expo

25 - 27 | ЯНВАРЯ
МОСКВА, РОССИЯ / КРОКУС ЭКСПО

Все виды профессионального
животноводства. Кормопроизводство

Все этапы производственно -
сбытовой цепочки

ВПЕРВЫЕ

- Выставка займёт 2 выставочных зала
- Отдельная экспозиция разделов "Корма" и "Ветеринария"
- Секции на горящие темы в свиноводстве и птицеводстве



ДЛГ РУС

DLG - Выставки для профессионалов
от экспертов в сельском хозяйстве



agros-expo.com

**AGRI
TECHNICA**^{DLG}
THE WORLD'S NO. 1

2022

НАВСТРЕЧУ ИННОВАЦИЯМ.

27 ФЕВРАЛЯ - 5 МАРТА, ГАННОВЕР, ГЕРМАНИЯ | ЭКСКЛЮЗИВНЫЕ ДНИ 27/28 ФЕВРАЛЯ

f vk in @AGROS.EXPO

+7 (495) 128 29-59

expo@dlg-rus.com

Редакционная коллегия:

главный редактор – **Федоренко В.Ф.**,
д-р техн. наук, проф., академик РАН,
зам. главного редактора – **Мишуев Н.П.**,
канд. техн. наук.

Члены редколлегии:

Буклагин Д.С., д-р техн. наук, проф.,
Голубев И.Г., д-р техн. наук, проф.,
Ерохин М.Н., д-р экон. наук, проф., академик РАН,
Завражнов А.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Кешуев С.А., д-р техн. наук, проф.,
академик НАН Республики Казахстан,
Конкин Ю.А., д-р экон. наук, проф., академик РАН,
Кузьмин В.Н., д-р экон. наук,
Левшин А.Г., д-р техн. наук, проф.,
Лобачевский Я.П., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Морозов Н.М., д-р экон. наук, проф.,
академик РАН,
Некрасов А.И., д-р техн. наук,
Сыроватка В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН,
Цой Ю.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. РАН,
Чернованов В.И., д-р техн. наук, проф.,
академик РАН
Шичков Л.П., д-р техн. наук, проф.

Editorial Board:

Chief Editor – **Fedorenko V.F.**, Doctor of Technical
Science, professor, academician of the
Russian Academy of Sciences,
Deputy Editor – **Mishurov N.P.**, Candidate
of Technical Science.

Members of Editorial Board:

Buklagin D.S., Doctor of Technical Science, professor,
Golubev I.G., Doctor of Technical Science, professor,
Erokhin M.N., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences,
Zavrzhnov A.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician of the Russian
Academy of Sciences,
Keshuov S.A., D.E., professor, academician
of the National Academy of Sciences
of the Republic of Kazakhstan,
Konkin Yu.A., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Kuzmin V.N., Doctor of Economics,
Levshin A.G., Doctor
of Technical Science, professor,
Lobachevsky Ya.P., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences,
Morozov N.M., Doctor of Economics, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Nekrasov A.I., Doctor of Technical Science,
Syrovatka V.I., Doctor of Engineering, professor,
academician of the Russian Academy of Sciences,
Tsoi Yu.A., Doctor of Technical Science,
professor, corresponding member
of the Russian Academy of Sciences,
Chernovanov V.I., Doctor of Technical Science,
professor, academician
of the Russian Academy of Sciences
Shichkov L.P., Doctor of Technical Science, professor

Отдел рекламы
Горбенко И.В.

Верстка
Речкина Т.П.
Художник Жуков П.В.

ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СЕЛА

MACHINERY AND EQUIPMENT FOR RURAL AREA

В НОМЕРЕ

Техническая политика в АПК

Павлушин А.А., Княева О.М. Инновационные методы подготовки квалифи-
цированных инженерных кадров для агропромышленного комплекса 2

Технико-технологическое оснащение АПК: проблемы и решения

Универсальная пара тракторов..... 6
Правила выбора трактора по мощности и комплектации 8

Инновационные технологии и оборудование

**Шаронов И.А., Курдюмов В.И., Курушин В.В., Прошкин В.Е.,
Линеенко В.Б.** Исследование процесса поверхностной обработки почвы
инновационными катками 9
Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Лазуткина С.А., Албутов С.П. Обоснование
плотности почвы, формируемой катком гребневой сеялки..... 14
**Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А., Джабраилов Т.А.,
Хабарова В.В.** Теоретическое исследование и практический анализ устрой-
ства для дозирования и смешивания сыпучих материалов 17
**Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А., Минибаева Е.В.,
Исаева А.М.** Теоретическое исследование и анализ устройства для протрав-
ливания и перемещения сыпучих материалов 21

Агротехсервис

Абрамов А.Е., Морозов А.В., Карпенко М.А., Кошкина А.О. Исследование
влияния силовых полей на качество очистки дизельного топлива при эксплуа-
тации мобильных энергетических средств 25
Сидоров Е.А., Сидорова Л.И., Маслов А.М., Калинин Н.С. Масличные
культуры как ресурсная база для производства биотоплива 30
Карпенко М.А., Морозов А.В., Карпенко Г.В. Влияние условий эксплуата-
ции на изменение параметров износа сопряжений ДВС 33
**Молочников Д.Е., Халимов Р.Ш., Аюгин Н.П., Салахутдинов И.Р.,
Яковлев С.А.** Улучшение динамических характеристик прецизионных токар-
ных станков, используемых при ремонте сельскохозяйственной техники 36
Хохлов А.Л., Марьин Д.М., Хохлов А.А. Влияние параметров технологи-
ческого режима микродугового оксидирования на формирование толщины и
пористости оксидного покрытия 40

Аграрная экономика

Александрова Н.Р. Современное состояние и тенденции развития маслично-
го подкомплекса Российской Федерации..... 44

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
Входит в ядро РИНЦ и базу данных RSCI

Полные тексты статей размещаются на сайте электронной научной библиотеки eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>

Журнал включен в международную базу данных AGRIS ФАО ООН, в **Перечень** рецензируемых научных изданий,
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Научные специальности и соответствующие им отрасли науки, по которым издание включено в **Перечень ВАК**:
05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки);
05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (технические науки);
05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве (технические науки);
08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности) (экономические науки).



141261, г.п. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60. Тел. (495) 993-44-04
fgnu@rosinformagrotech.ru; r_technica@mail.ru <https://rosinformagrotech.ru>

Перепечатка материалов, опубликованных в журнале,
допускается только с разрешения редакции.

Редакция журнала:
© «Техника и оборудование для села», 2021
Отпечатано в ФГБНУ «Росинформагротех»
Подписано в печать 24.11.2021 Заказ 845

УДК: 378.147

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-2-5

Инновационные методы подготовки квалифицированных инженерных кадров для агропромышленного комплекса

А.А. Павлушин,

*д-р техн. наук, проф., декан,
andrejpavlu@yandex.ru*

О.М. Каняева,

*канд. техн. наук, доц.,
kaniayeva@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)*

Аннотация. Приведено состояние системы современного инженерного образования. Выявлено, что техническая подготовка кадров требует постоянной трансформации учебного процесса. Раскрыты методологические и научные подходы, реализуемые при подготовке технических специалистов. Представлена модель трансформации технического образования на инженерном факультете Ульяновского ГАУ, который с 1950 г. ведет качественную подготовку инженеров по актуальным программам высшего образования.

Ключевые слова: образование, компетенция, инновация, специалитет, наука, технология.

Постановка проблемы

На сегодняшний день агропромышленный комплекс, как и остальные отрасли, находится на пике четвертой промышленной революции. Таким образом, только по итогам января-апреля 2021 г. Ульяновская область занимает четвертое место среди регионов Приволжского федерального округа по объемам промышленного производства. При этом значение индекса промышленного производства в Ульяновской области за указанный период составил 115,3 %. В Российской Федерации среднее значение данного показателя достигло 101,1 %. Все это обуславливает важность обеспечения отраслей

производства техническими кадрами [1]. В системе высшего инженерного образования важно осуществлять подготовку специалистов по компетенциям, которых, возможно, еще не существует на сегодняшний день – с «отдаленным горизонтом» их профессиональной деятельности [2]. Это необходимо учитывать при трансформации условий реализации и архитектуры основных образовательных программ высшего образования [3, 4]. В настоящее время существует множество различных приемов, способных модернизировать систему подготовки технических специалистов, при этом практически все они базируются на фундаментальной, классической подготовке инженеров по профессиональным компетенциям с внедрением инновационных образовательных и научных блоков, позволяющих развить надпрофессиональные компетенции будущих специалистов [5-8]. Так, внедрение в образовательный процесс инновационных методик и технологий, помогающих обеспечить условия опережающей профессиональной подготовки инженеров, является важной задачей, на решение которой и направлено данное исследование.

Цель исследований – обеспечение качественной профессиональной подготовки инженеров по программам высшего образования на основе инновационных подходов.

Материалы и методы исследования

Основными методическими подходами при проведении исследований стали существующие и вновь разработанные технологии оценки ка-

чества освоения профессиональных компетенций обучающимися. Так, при оценке проводимых изменений в реализации образовательных программ высшего образования использовались кейс-методы, опросы, методы анализа блоков данных, контент-анализ и др. За основной объект исследований была принята реализуемая образовательная модель подготовки технических специалистов на инженерном факультете Ульяновского ГАУ. При этом входная оценка существующей образовательной модели (V 1) подготовки инженеров проводилась по различным параметрам, позволяющим дать наиболее полную экспресс-оценку текущей ситуации. Затем проводили выходной контроль и анализ образовательной модели (V 2). Применяемые методические подходы позволили сформировать репрезентативную картину анализируемых и трансформируемых процессов в системе высшего образования при подготовке инженеров.

Результаты исследований и обсуждение

Профессия инженера требует от специалиста в основном интеллектуальных затрат, но затраты эти велики [1]. 1950 год – лишь пять лет прошло с момента окончания страшной войны, но страна восстановилась, заработали заводы, окрепло сельское хозяйство, в колхозы и совхозы стала активно поступать новая техника, и остро стал ощущаться недостаток квалифицированных специалистов по ее эффективному использованию и обслуживанию. Приказом Министерства высшего образования СССР № 1039 от 24 июня 1950 г. «О мерах

по подготовке инженеров и техников по механизации и электрификации сельского хозяйства» в ряде сельскохозяйственных вузов, в том числе и Ульяновском сельскохозяйственном институте (ныне Ульяновский государственный аграрный университет), были образованы факультеты механизации сельского хозяйства. 24 июня 1950 г. – день образования инженерного факультета Ульяновского государственного аграрного университета. В этом же году был установлен и первый план приема – 60 человек. Отбор был очень жестким, и приказом по институту № 222 от 8 сентября 1950 г. на первый курс были зачислены 52 человека – в основном взрослые, зрелые люди, получившие фронтную закалку и нелегкий опыт работы в тылу [9].

Становление факультета шло нелегко. Большой перерыв в учебе студентов сказывался на освоении ими новых сложных дисциплин. Но тем и отличались студенты той поры, что, понимая всю важность и необходимость обучения, они не жалели на него труда и времени. Не хватало учебного оборудования, и студенты ежедневно до глубокого вечера собирали и монтировали его из тех комплектующих, которые удавалось достать. Все это происходило в подвале второго учебного корпуса (на улице им. К. Либкнехта, д. 1) – главной тогда базы мехфака. Нередко студенты там и ночевали.

Сегодня инженерный факультет Ульяновского ГАУ – один из лучших факультетов технического профиля в стране. Это подтверждается высокой компетентностью научно-педагогических работников факультета, современной материально-технической базой, наличием флагманских научных разработок (ежегодно на факультете создают и патентуют свыше 100 новых устройств!). Все это позволяет студентам получить профессию инженера и в дальнейшем быть востребованным на рынке труда.

Основное отличие инженеров, получивших образование на инженерном факультете Ульяновского ГАУ, от выпускников других технических вузов – они могут успешно работать

практически в любых отраслях производственного сектора: в аграрном производстве, машиностроительных и станкостроительных отраслях, самолетостроении, военной и пищевой промышленности и др. [2].

Тренды современности придают классической инженерной подготовке импульс в направлении расширения объектов профессиональной деятельности специалиста, повышения компетентностных требований к квалификации инженера. Все это требует динамичного развития факультета [1].

Появляются новые направления подготовки, совершенствуется материально-техническое оснащение учебной и научной баз факультета. Созданы научные лаборатории по проблемам сушки сыпучих материалов, обработки почвы, исследованию альтернативных источников энергии, увеличению ресурса агрегатов и деталей машин. При этом все сотрудники факультета постоянно повышают свой профессиональный уровень, совершенствуют методические подходы в преподавании дисциплин [3].

Структура факультета включает в себя пять кафедр: «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» (заведующий кафедрой – профессор Владимир Иванович Курдюмов), «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» (заведующий кафедрой – профессор Алексей Леонидович Хохлов), «Технология производства и ремонт машин» (заведующий кафедрой – профессор Александр Викторович Морозов), «Математика и физика» (заведующий кафедрой – профессор Юрий Михайлович Исаев), «Физическое воспитание» (заведующий кафедрой – доцент Елена Васильевна Макарова).

Кроме того, для обеспечения качества практической подготовки выпускников на факультете функционируют учебный парк, полигон и учебно-ремонтный бокс.

Ведется подготовка по следующим специальностям и направлениям: 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства», квалификация «Инженер»; 35.03.06 – «Агроинженерия», квалификация

«Бакалавр»; 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», квалификация «Бакалавр».

Выпускники факультета могут работать на должностях, связанных с эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом машин и оборудования, исследователями, конструкторами, научными сотрудниками предприятий, исследовательских и производственных учреждений, преподавателями средних, средне-специальных и высших образовательных учреждений.

Кроме того, они подготовлены к продолжению образования в магистратуре по направлению 35.04.06 – «Агроинженерия».

По окончании обучения выпускники специалитета и магистратуры могут продолжить обучение в аспирантуре и докторантуре по специальностям 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» и 05.20.03 – «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве».

На факультете успешно работают студенческие уборочные отряды, численность которых ежегодно в хозяйствах Ульяновской, Самарской, Ленинградской областей составляет 80-120 человек. Качество их работы оценено многочисленными правительственными медалями, грамотами отраслевого министерства, губернатора Ульяновской области, ректора университета.

На инженерном факультете Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина имеется положительный опыт по реализации научно-образовательных проектов в рамках государственно-частного партнерства. Так, примером наиболее успешного сотрудничества является совместная работа аграрного университета и группы компаний ООО «УНИКОМ». Данная организация специализируется на продаже грузовой и сельскохозяйственной техники, а также на ее сервисном обслуживании. Компания «УНИКОМ» является официальным дилерским и сервисным центром таких крупных заводов-производителей сельскохо-

зяйственной и транспортной техники, как Минский автомобильный завод, «MAN Truck & Bus RUS», Ростсельмаш, Минский тракторный завод, ПАО КАМАЗ, АО «Клевер», Пегас-Агро и др. При поддержке ООО «УНИКОМ» на инженерном факультете открыт специализированный класс «Современная сельскохозяйственная техника «Ростсельмаш». Благодаря сотрудничеству с компанией ООО «Тимер», также являющейся официальным представителем ведущих заводов-производителей сельскохозяйственной и тракторной техники, на инженерном факультете открыты специализированные аудитории «Гомсельмаш» и «Петербургский тракторный завод». Созданные на инженерном факультете специализированные классы, оснащенные современной сельскохозяйственной техникой, позволяют поднять на более высокий уровень качество подготовки специалистов в сфере АПК, а также проводить курсы переподготовки и повышения квалификации для механизаторов и комбайнеров агропредприятий Ульяновской области [3].

Помимо открытия специализированных классов одним из направлений совместной деятельности по повышению качества подготовки студентов является использование производственной базы предприятий как площадки для проведения независимой оценки качества получаемых знаний [4]. Так, у студентов-выпускников образовательной программы высшего образования 23.05.01 – «Наземные транспортно-технологические средства» (уровень специалитета) Ульяновского аграрного университета комплексный междисциплинарный государственный экзамен проходит на профильных индустриальных площадках – стейкхолдерах факультета. Полученные в университете знания выпускники демонстрируют в ходе прохождения теоретических и практических модулей экзаменационных испытаний. Следует отметить, что практические блоки заданий составлены с учетом требований и методик WorldSkills. Студентам необходимо справиться с такими заданиями, как техническое обслуживание га-

зораспределительного механизма дизельного двигателя, проверка и регулировка форсунки, определение технического состояния генератора и стартера. Причем все указанные задания выпускники выполняют на современных действующих стендах для ремонта и технического обслуживания автомобилей и сельскохозяйственной техники [5]. За регламентом проведения государственного экзамена помимо членов официально утвержденной государственной экзаменационной комиссии (ГЭК) наблюдают независимые эксперты университета (представители кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования») и ООО «УНИКОМ». Роль экспертов – независимая оценка качества знаний выпускников. Окончательная оценка формируется на совместном заседании членов ГЭК и независимых экспертов.

Внеаудиторная деятельность занимает важное место при реализации программ высшего образования [6]. Согласно Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, в качестве одного из основных направлений долгосрочного развития страны выделено развитие государственной молодежной политики, целью которой является создание условий для успешной социализации и эффективной самореализации молодежи, повышение ее потенциала и его использование в интересах инновационного развития страны. Расширить кругозор и углубить получаемые знания при изучении комплекса дисциплин учебного плана возможно посредством внеаудиторных мероприятий научного характера [7]. При этом необходимо обеспечить непрерывный цикл подобных реализуемых мероприятий, направленных на популяризацию научной и инновационной деятельности у студентов. Важно не только обеспечить трансляцию студентам имеющихся научных достижений кафедр факультета, но и мотивировать их для качественного вовлечения во все стадии исследовательской деятельности. Причем

наиболее эффективным методом, позволяющим максимально вовлечь студентов, считается разбор реальных практических и изобретательских задач (кейсов) [8]. На кафедре «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности» Ульяновского ГАУ имеется многолетний положительный опыт работы с талантливой молодежью, в частности, в виде проведения круглого стола «Территория инноваций», посвященного изобретательской деятельности [9, 10]. Мероприятие, реализуемое в рамках «Фестиваля науки», вызывает живой интерес не только у обучающихся, но и у сотрудников инженерного факультета. Спикерами мероприятия выступают ведущие ученые университетов Приволжского федерального округа, представители крупных предприятий, реализующих инновационную деятельность, а также учреждений, чья работа направлена на развитие и внедрение инноваций в производство.

У факультета амбициозные планы на будущее: открытие учебно-выставочного комплекса; полноформатное перестроение учебного процесса на практико-ориентированное, соответствующее, в том числе, стандартам WorldSkills; открытие новых направлений подготовки как по основным образовательным программам, так и по дополнительным, в том числе для школьников; создание новых специализированных классов по использованию альтернативной энергетики, робототехнике, современным способам диагностики технических систем и др.

В приоритетных задачах – развитие цифровых компетенций научно-преподавательских работников и административного персонала, переход на смешанное обучение в образовательном процессе, реализация принципа проектного обучения на образовательных программах, создание сетевых образовательных программ с ведущими университетами Российской Федерации, в том числе по программе двойных дипломов. При этом необходимо предусмотреть изменение структуры образовательных программ в сторону индивидуальных траекторий обучения и унификации

учебного процесса на двух первых курсах, ввод в эксплуатацию класса виртуальной реальности.

Современные стандарты и требования не позволяют инженеру «остаться на месте», нужно постоянно совершенствоваться, изобретать и создавать новое. Но в этом и заключается его предназначение.

Выводы

1. Имеющийся опыт по организации сотрудничества Ульяновского ГАУ и профильных предприятий Ульяновской области позволяет обеспечить высокое качество подготовки специалистов с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта. При этом студенты получают современные знания, умения и навыки, что положительно сказывается на их дальнейшей трудовой деятельности.

2. Организация внеаудиторной деятельности у студентов вузов – важная и неотъемлемая часть системы высшего образования. Правильно спроектированная, методологически выстроенная внеаудиторная деятельность способствует достижению качественных результатов освоения основной образовательной программы высшего образования, развитию у студентов творческих способностей, более качественному формированию компетенций, углублению знаний и закреплению навыков инновационной работы.

3. Наблюдается значительный рост индустриальных предприятий, имеющих абсолютно новый, цифровой формат. Технологии больших данных, интернета вещей и другие сквозные инструменты активно используются в производстве. При этом существует огромная проблема – дефицит технических кадров. Только в Ульяновской области необходимо ежегодно выводить на профессиональный рынок труда свыше 100 инженеров-машинистов, специализирующихся на сельскохозяйственной индустрии. Так, подготовка инженеров является приоритетной стратегической задачей для поступательного развития индустриальной отрасли региона и страны.

4. Инженерный факультет Ульяновского ГАУ – единственный на сегодняшний день факультет в регионе, полностью соответствующий всем стандартам технического образования. Реальная практическая подготовка, классическая реализация фундаментальных инженерных дисциплин, таких как детали машин, теория машин и механизмов, сопротивление материалов, теоретическая механика и другие, при внедрении новейших цифровых продуктов позволяет подготовить специалиста, способного обеспечить инновационное развитие региона и страны. Кроме того, факультет имеет значительное число авторитетных промышленных стейкхолдеров (Ульяновский моторный завод, Ульяновский автомобильный завод, Bridgestone, DMG MORI, Ульяновский механический завод и др.), взаимодействие с которыми позволяет обеспечивать опережающую инженерную подготовку студентов.

Список

использованных источников

1. Борис Иванович Зотов: «Главное в жизни – честный труд на благо людей и страны!» / В.А. Исайчев [и др.] // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2021. № 2. С. 243-246.
2. Инновационные методы обучения при изучении охраны труда / Г.В. Карпенко [и др.] // Инновационные технологии в высшем образовании: матер. нац. науч.-метод. конф. проф.-препод. состава. 21-22 декабря 2017, г. Ульяновск: УЛГАУ, 2018. С. 110-116.
3. Опыт реализации методологических подходов в системе опережающего инженерного образования на примере ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ» / В.И. Курдюмов [и др.] // Инженерное образование. 2019. № 26. С. 15-20.
4. Создание малого предприятия с применением инновационных технологий / В.И. Курдюмов [и др.] // Механизм государственно-частного партнерства в развитии кооперации российских высших учебных заведений и производственных предприятий. Матер. Всеросс. конф. с междунар. участием. УЛГАУ, 2011. С. 78-85.
5. Особенности магистерской подготовки на инженерном факультете / В.И. Курдюмов [и др.] // Инновационные

технологии в высшем профессиональном образовании. Матер. науч.-метод. конф. проф.-препод. состава академии. Ульяновск: УГСХА, 2015. С. 89-93.

6. К вопросу о совершенствовании инженерной подготовки в УЛГАУ / В.И. Курдюмов [и др.] // Инновационные технологии в высшем образовании: матер. Нац. науч.-метод. конф. проф.-препод. состава. 21-22 декабря 2017 г. Ульяновск: УЛГАУ, 2018. С. 133-135.

7. Selective support for the development of regional vocational education services: the russian experience / L.G. Akhmetov [et. al.] // International Review of Management and Marketing. 2016. Vol. 6, No. 2. P. 127-134.

8. Modeling of industrial infrastructure services influence on economic growth of regional industrial complex / S.V. Kiselev [et. al.] // Modern journal of language teaching methods 2018. Vol. 8. No. 3. P. 296-304.

9. Teaching of mathematical modeling elements in the mathematics course of the secondary school / M.V. Krutikhina [et. al.] // Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education. 2018. Vol. 14. No. 4. P. 1305-1315.

10. ABC analysis technique of regional industrial investment development: theoretical and practical aspect / G.M. Kvon [et. al.] // Revista ESPACIOS. 2018. Vol. 39. No. 22. P. 14.

Innovative Methods of Training Qualified Engineering Personnel for the Agribusiness

A.A. Pavlushin, O.M. Kanyayeva

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. *The state of the system of current engineering education is given. It has been identified that the engineering training of personnel requires a constant transformation of the educational process. The methodological and scientific approaches implemented in the training of technical specialists are disclosed. A model of the transformation of engineering education at the engineering faculty of the Ulyanovsk State Agrarian University, which since 1950 has been conducting high-quality training of engineers according to current programs of higher education, is presented.*

Keywords: *education, competence, innovation, specialty, science, technology.*

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПАРА ТРАКТОРОВ



Тракторы «Ростсельмаш» серий 2000 и 3000 – достойный пример отечественного машиностроения, который нужно тиражировать. Западные технологии, переработанные отечественными инженерами, неплохо прижились на российской почве, и теперь эти сельхозмашины с полным правом могут претендовать на звание народных.

В тракторостроении, как и в автопроме, много примеров адаптации технологий. Достаточно вспомнить, что первый советский трактор был выпущен на Путиловском заводе в Ленинграде, где в 1924 г., как сказали бы сегодня, было локализовано производство американских тракторов Fordson. Первый же тракторный завод как объект крупносерийного производства был построен в Сталинграде в 1930 г. и сначала он выпускал колесные агрегаты СТЗ-1 (переработанный трактор «Интернационал» американской фирмы «МакКормик Диринг»). Ну а история появления

самого массового автомобиля в истории СССР – ВАЗ 2101 – неразрывно связана с автомобилем FIAT 124 образца 1966 г. Впоследствии эта техника стала настоящим бестселлером.

В 2016 г. Ростсельмаш приступил к созданию на своих мощностях полноценного тракторного производства, которое выросло из «отверточной» сборки канадских тракторов VERSATILE (в переводе — «универсальный»). Выпуск локализованного российского трактора решили начать с модели 2375, так как это универсальная машина, которая востребована у отечественных аграриев и

идеально подходит для большинства хозяйств России. Модель обладает рядом неоспоримых преимуществ, среди которых надежность, тяговитость, экономичность, производительность, простота эксплуатации. В ней минимум электроники, что делает ее доступной широкому кругу потребителей.

Под новое тракторное производство на территории Ростсельмаш было создано несколько дополнительных сварочных и механосборочных участков, а также полностью реконструирован сборочный корпус. Для внедрения новых опций, которые

теперь доступны в базовой комплектации, была создана своя программа развития. Речь, например, идет о пневмокомпрессоре, пневмотормозах прицепа, улучшении гидравлической системы до производительности 220 л/мин, внедрении собственной системы дистанционного мониторинга Агротроник. Была создана и новая модель этой же серии (RSM 2400), обладающая большей производительностью и мощностью двигателя. Трактор RSM 2375 получил нужные в российских условиях доработки и сегодня по праву может называться отечественной машиной.

Чтобы создать этот трактор в российских условиях, конструкторское бюро Ростсельмаш просчитало локализацию трактора с применением отечественных комплектующих, которые по качеству не уступали бы оригинальным. В России производится большая часть компонентной базы этой сложной техники. На самом предприятии налажено производство

15 основных компонентов и 1099 деталей. Поставщиками остальных деталей стали десятки отечественных предприятий, выпускающих продукцию высоких стандартов качества.

С марта 2019 г. предприятие начало производство самого мощного на сегодняшний день российского трактора 3000-й серии (мощность двигателя 440–583 л. с.). Данная серия имеет высокий уровень локализации, поэтому она дешевле импортных аналогов на 20–30%, в зависимости от модификации. Стоит добавить, что эта техника может приобретаться по различным субсидируемым госпрограммам, что также позволяет сэкономить 15-20% стоимости при покупке.

Тракторы RSM серии 3000 относятся к высокопроизводительным машинам 8 тягового класса, предназначенным для выполнения энергоемких операций с широкозахватными агрегатами и сеялками. В полях эти машины уже отработали два сезона. По словам представителей компании,

отзывы положительные: крупных поломок не зафиксировано.

Как и любая другая техника, тракторы Ростсельмаш постоянно совершенствуются. Эти изменения не видны невооруженным глазом, но, как отмечает начальник тракторного цеха Иван Костенко, идет постоянная «доточка» различных мелочей, направленных, прежде всего, на улучшение потребительских свойств агромашины.

Становление тракторного производства и локализация моделей 2000-й и 3000-й серий — яркий пример прогресса отечественного машиностроения. Мы видим появление на рынке качественной и доступной по цене российской продукции, не уступающей лучшим мировым образцам. Благодаря новому производству по всей стране создана современная компонентная база, что позволяет под другим углом взглянуть на появление новой техники под брендом Ростсельмаш.



Правила выбора трактора по мощности и комплектации

Правильный выбор трактора для каждого хозяйства является задачей, от которой во многом зависит его рентабельность.

При этом на рынке присутствует множество моделей, отличающихся по мощности и комплектации.

На что следует ориентироваться? Свои рекомендации по этому поводу дают эксперты CLAAS – одного из ведущих мировых производителей тракторной техники.



Брать ли мощность про запас

Современная линейка тракторов CLAAS включает в себя машины всех тяговых классов. При этом для России актуальными являются тракторы средней и максимальной мощности, что связано с преобладанием в отрасли более крупных по сравнению с Европой и многими другими странами хозяйств и, соответственно, со значительными площадями обрабатываемых земель. При выборе оптимальной машины эксперты CLAAS рекомендуют ориентироваться на номинальную, а не на максимальную мощность, в этом случае большую часть времени трактор будет работать без излишней нагрузки на трансмиссию и двигатель.

Для животноводческих сельхозпредприятий, небольших и средних растениеводческих хозяйств чаще всего оптимальным выбором становятся модели ARION 400 и 600. ARION 400 – высокоманевренный трактор с четырехцилиндровым двигателем мощностью 90-130 л.с., ARION 600 – с шестицилиндровым двигателем мощностью 140-165 л.с. Более крупным хозяйствам, которым требуется обрабатывать значительные площади, лучше подходят мощные AXION 800 и 900 (189-405 л.с.), а также самые сильные в линейке CLAAS тракторы XERION 5000-4000 (401-487 л.с.). Целый ряд внедренных на этих машинах систем ориентирован именно на экономичное использование силовых агрегатов. В частности, инновационная система CLAAS POWER MANAGEMENT (CPM) активирует при необходимости дополнительные 35 л.с. мощности.

У каждой из моделей есть и свои конструкционные особенности, направленные на улучшение тяговых показателей. К примеру, у AXION 950 двигатель встроен в специально разработанную раму, а уникальной особенностью XERION являются четыре управляемых и равновеликих колеса на цельной, а не на шарнирно-сочлененной раме. Это обеспечивает равномерное, почти 50 на 50 распределение веса и значительное пятно контакта.

В целом эксперты CLAAS рекомендуют не «гнаться» за дополнительной мощностью, а ориентироваться на круг задач, которые машина будет решать в ближайшие несколько лет эксплуатации. Так, будет достигнута максимальная экономическая эффективность, когда вложенные в лошадиные силы средства не будут простаивать.

Универсальный или специальный трактор

Большинство моделей тракторов CLAAS можно отнести к универсальным машинам, способным выполнять практически любые работы. Разумеется, крупногабаритные AXION 900 и XERION 5000-4000 вряд ли подойдут для задачи кормов и других работ внутри помещений животноводческих ферм, здесь будут уместнее компактные ARION 400 или 600. Но практически любую машину можно задействовать как в поле на пропашных работах, так и на транспортных и многих других хозяйственных операциях. Именно к специализированным тракторам относятся NEXOS 200, которые разработаны для работы в садах интенсивного типа и виноградниках. Здесь на первое место выходят габариты. В условиях ограниченного пространства между рядами садоводам и виноградарям требуются такие узкоколейные тракторы шириной не более 2 м. При этом для эффективного возделывания фруктов, ягод и винограда вполне достаточно мощности до 100 л.с.

В целом выбор между универсальной и специализированной машиной зависит от планируемого объема работ. По сути, за счет определенной комплектации даже универсальную машину можно сделать специализированной, если у хозяйства есть необходимый фронт работ. Так обычно поступают крупные хозяйства с большим парком техники, выделяя под наиболее распространенные сельхозоперации определенные тракторы и укомплектовывая их наиболее актуальными для данных работ функциями.



УДК 631.331.5

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-9-13

Исследование процесса поверхностной обработки почвы инновационными катками

И.А. Шаронов,

канд. техн. наук, доц.,
ugsha@yandex.ru

В.И. Курдюмов,

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
ugsha@yandex.ru

В.В. Курушин,

канд. техн. наук, доц.,
ugsha@yandex.ru

В.Е. Прошкин,

канд. техн. наук, ст. препод.,
ugsha@yandex.ru

В.Б. Линеенко,

инженер,
ugsha@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Разработаны почвообрабатывающие катки, обеспечивающие требуемое качество обработки поверхностного слоя почвы при посеве. Обоснованы их оптимальные конструктивные параметры и режимы работы. Определена прибавка урожайности при использовании разработанных орудий по сравнению с серийными. Выявлен годовой экономический эффект, который составил 4648-5045 руб. на 1 га посевов яровой пшеницы.

Ключевые слова: почвообработка, каток, металлоемкость, прикатывание, скорость, масса, эксцентриситет.

Постановка проблемы

Производство конкурентоспособной продукции аграрного производства в первую очередь связано с внедрением ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение стабильных урожаев при минимальных энергетических затратах, сохранении и повышении плодородия почвы [1], а также соблюдении принципов «экологичности агрохозяйствования». При этом важно обеспечить высокую полевую всхожесть семян, которая, по результатам оценки, хуже лабораторной:

до 18% – для озимых культур и до 25% – для яровых. Таким образом, аграрные предприятия теряют до 9000 руб/га вследствие снижения потенциальной урожайности.

Кроме погодных условий, на снижение полевой всхожести семян влияет недостаточное качество основной и поверхностной обработок почвы и посевов, в отдельных случаях зависящее от особенностей конструкции применяемых средств механизации [2]. Поэтому внедрение инновационных машин, значительно повышающих при прочих равных условиях качество послепосевной поверхностной обработки почвы, и соблюдение принципов ресурсосбережения и экологичности являются актуальной и важной задачей.

Научная гипотеза – повысить полевую всхожесть семян и равномерность всходов возделываемых агрокультур, а также увеличить их урожайность возможно на основе применения инновационных средств механизации для поверхностной обработки почвы с рабочими органами, интенсифицирующими этот процесс.

Цель исследований – повышение качества поверхностной обработки почвы с соблюдением принципов экологичности для увеличения урожайности возделываемых агрокультур.

Материалы и методы исследования

Неравномерность всходов и низкая полевая всхожесть семян значительно снижают урожайность. Поэтому технологическое воздействие на почву при выращивании агрокультур должно обеспечить в период прорастания семян мелкоструктурированный и оптимально уплотненный почвенный слой, при котором потери энергии семени на прорастание будут минимальными, а контакт семян

с влагообеспеченными агрегатами – максимальным. При этом максимальный размер почвенных агрегатов ограничивается 50 мм, а агротехнически ценная структура почвы должна быть представлена фракцией 0,25-10 мм. Плотность почвы для зерновых культур должна варьироваться в диапазоне 1150-1250 кг/м³. Выполнение этих условий позволит получить равномерно развивающиеся растения на начальном этапе вегетационного периода и максимально возможную урожайность возделываемых культур в конкретных почвенно-климатических условиях [3]. Однако на заключительных этапах подготовки почвы к посеву и непосредственно при посеве рабочие органы применяемых агроорудий не в полной мере обеспечивают оптимально уплотненный мелкокомковатый посевной слой, необходимый для прорастания семян и питания всходов культурных растений.

Почвообрабатывающие катки и прикатывающие рабочие органы орудий, применяемые в процессе подготовки почвы к высеву семян, характеризуются различиями в принципе воздействия на нее, что объясняется их функциональным назначением в растениеводческих технологиях и определяет разнообразие конструктивного исполнения. Основным фактором в процессе разработки новых орудий является комбинированное воздействие рабочих органов на почвенную среду с генерацией деформаций сдвига, изгиба, сжатия и растяжения для обеспечения требуемого качества почвообработки и соблюдения принципов интенсификации и энергоэффективности [4].

Для формирования мелкоагрегатного, структурированного и оптимально уплотненного слоя почвы при посеве агрокультур с учетом техноло-

гических требований к процессу разработаны волновой, эксцентриковый [5], цилиндро-спиральный, молотковый цилиндро-перфорированный, планчато-молотковый и планчато-цилиндровый катки (рис. 1).

Катки должны качественно формировать уплотненный до оптимального значения и структурированный мелкоагрегатный верхний посевной слой почвы. В качестве критерия оценки качества ее поверхностной обработки катками разработан параметр соответствия агротребованиям (ПСА).

Плотность почвы при посеве зерновых культур $\rho_{\text{отт}}$ должна быть близкой по значению оптимальной (1200 кг/м^3). Агрегатный состав посевного слоя в соответствии с агротребованиями представлен фракцией размерами 0,25-50 мм (при минимальном содержании в пробе пылевидных частиц размером менее 0,25 мм и отсутствии крупных агрегатов размером более 50 мм). При полном соответствии качественных показателей на глубине расположения семян ПСА = 1.

Исследования в полевых условиях проводили при заданной агротребованиями влажности почвы при посеве, которую контролировали в многократной повторности прибором TDR 100. Для определения фракционного состава почвы на контрольных участках брали пробы по общепринятой методике. Плотность почвы определяли с помощью устройства для послойного ее определения [6].

Результаты исследований и обсуждение

При исследовании процесса обработки поверхностного семенного слоя почвы инновационными катками получили следующие результаты (рис. 2). Для планчато-цилиндрового катка ПСА = 0,79 достигается при скорости движения 10 км/ч, расстоянии от планок до пустотелого балластировочного цилиндра 9 мм и массе балласта в цилиндре 16 кг; для планчато-молоткового ПСА = 0,79 – при скорости движения 11 км/ч, расстоянии от планок до сегментных молотков 10 мм и массе балластных грузов сегментных



Рис. 1. Инновационные почвообрабатывающие катки:
 а, б – волновой; в – эксцентриковый; г – цилиндро-спиральный;
 д – молотковый цилиндро-перфорированный;
 е – планчато-молотковый; ж – планчато-цилиндровый



Рис. 2. Параметр соответствия агротребованиям

молотков 1,7 кг; для волнового катка ПСА = 0,84 – при скорости движения 11 км/ч и массе балластного груза 78 кг; для цилиндрико-спирального катка ПСА = 0,84 – при скорости 11 км/ч, массе балластных грузов 100 кг, шаге витка спирально-винтового рабочего органа 40 мм и вылете спирального винта 35 мм; для эксцентрикового катка ПСА = 0,86 – при скорости движения агрегата 11,7 км/ч, массе балластного груза 126 кг и эксцентриситете полуосей 60 мм [7].

При исследовании удельная масса разработанных катков с учетом балластных грузов находилась в пределах 95-130 кг/м в зависимости от конструктивного исполнения рабочих элементов и свойств обрабатываемой среды.

После прикатывания разработанными катками (по сравнению с контрольным опытом с обработкой посевов серийно выпускаемым кольчато-шпоровым катком) содержание частиц размером менее 0,25 мм составило 18,2-19,5% (20,4%); 0,25-10 мм – 63,9-67,1 (55,3), 10-50 мм – 12,2-14,6 (19); более 50 мм – 0 (5,3%) [8].

Плотность почвы при многократных повторностях контроля измеряемого значения в среднем составила: в слое 0-3 см – 1108-1120 кг/м³ (1089 кг/м³), 3-6 см – 1198-1219 (1178); 6-9 см – 1396-1448 кг/м³ (1368 кг/м³). Для серийно выпускаемого кольчато-шпорового катка ПСА = 0,71. Более низкое значение (ПСА = 0,68) получено при обра-

ботке почвы адресными катками сеялки. Следовательно, при равных исходных условиях эксперимента предлагаемые катки по сравнению с аналогами обеспечивают более качественный фракционный состав и плотность почвы, близкую к оптимуму. Структура сложения почвы мелкокомковатая, без крупных почвенных агрегатов и полностью обеспечивает необходимые условия развития корневой системы агрокультур и снабжения ее влагой. При оптимизированных параметрах новых агроорудий их удельная металлоемкость составляет не более 130 кг/м. Аналогичный показатель кольчато-шпорового катка ЗККШ-6 равен 283,6 кг/м (больше в 2,1 раза).

Для подтверждения научной гипотезы провели исследования в реальных полевых условиях. Посевы яровой пшеницы (сорт Симбирцит) прикатали разработанными и серийными катками. Результаты сравнительной качественной оценки всходов представлены на рис. 3.

Анализ состояния всходов яровой пшеницы выявил следующее: после обработки посевов предлагаемыми и серийно выпускаемыми почвообрабатывающими орудиями интервал вариационного ряда значений глубины заделки семян соответственно меньше на 68 %, а среднелинейное отклонение – на 65 %. Остальные показатели также свидетельствуют о более равномерном распределении семян по глубине после обработки почвы предложенными агроорудиями по сравнению с аналогами.

Сравнительные результаты оценки равномерности заделки семян яровой пшеницы в почву после ее обработки разными катками представлены на рис. 4.

На участках, обработанных новыми катками, было обнаружено увеличение всхожести семян на 3,4% по сравнению с участками без прикатывания. Таким образом, обеспечение равномерной заделки семян по глубине после обработки почвы предложенными катками позволило увеличить полевую всхожесть семян, что подтверждает первую часть сформулированной научной гипотезы.

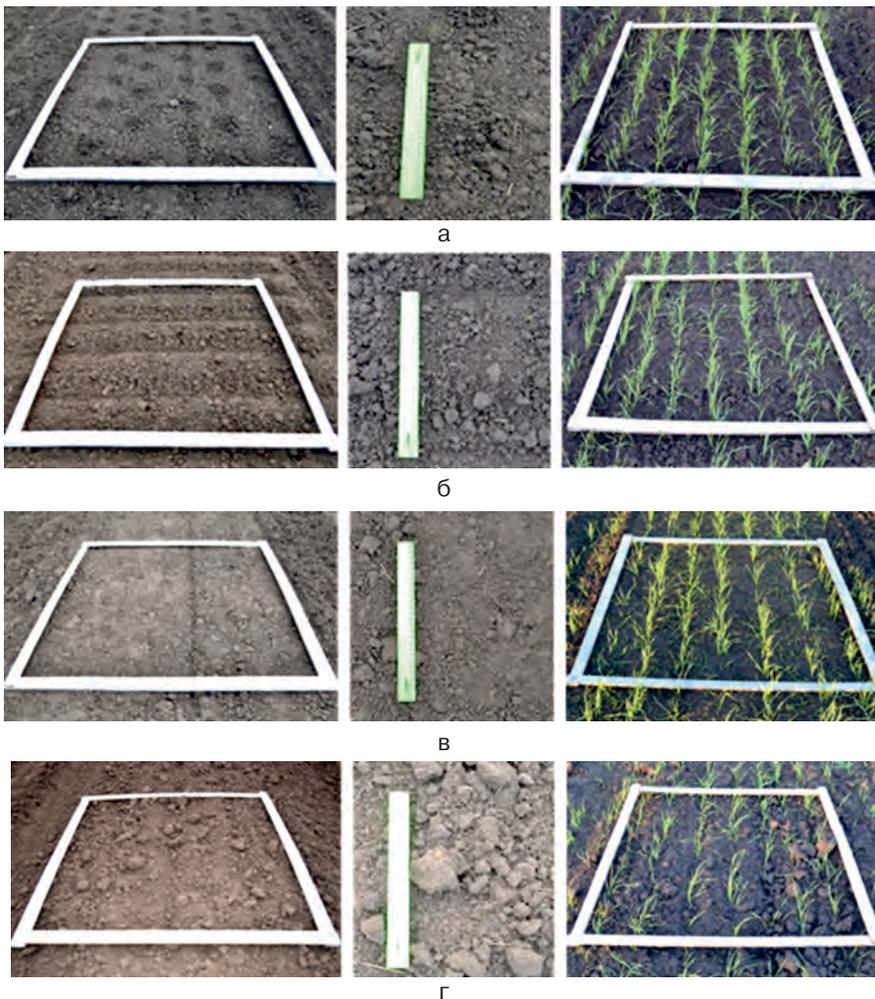


Рис. 3. Поверхность поля и всходы пшеницы после прикатывания:

а – молотковым цилиндрико-перфорированным катком;
б – цилиндрико-спиральным катком; в – эксцентриковым катком;
г – адресными каточками сеялки

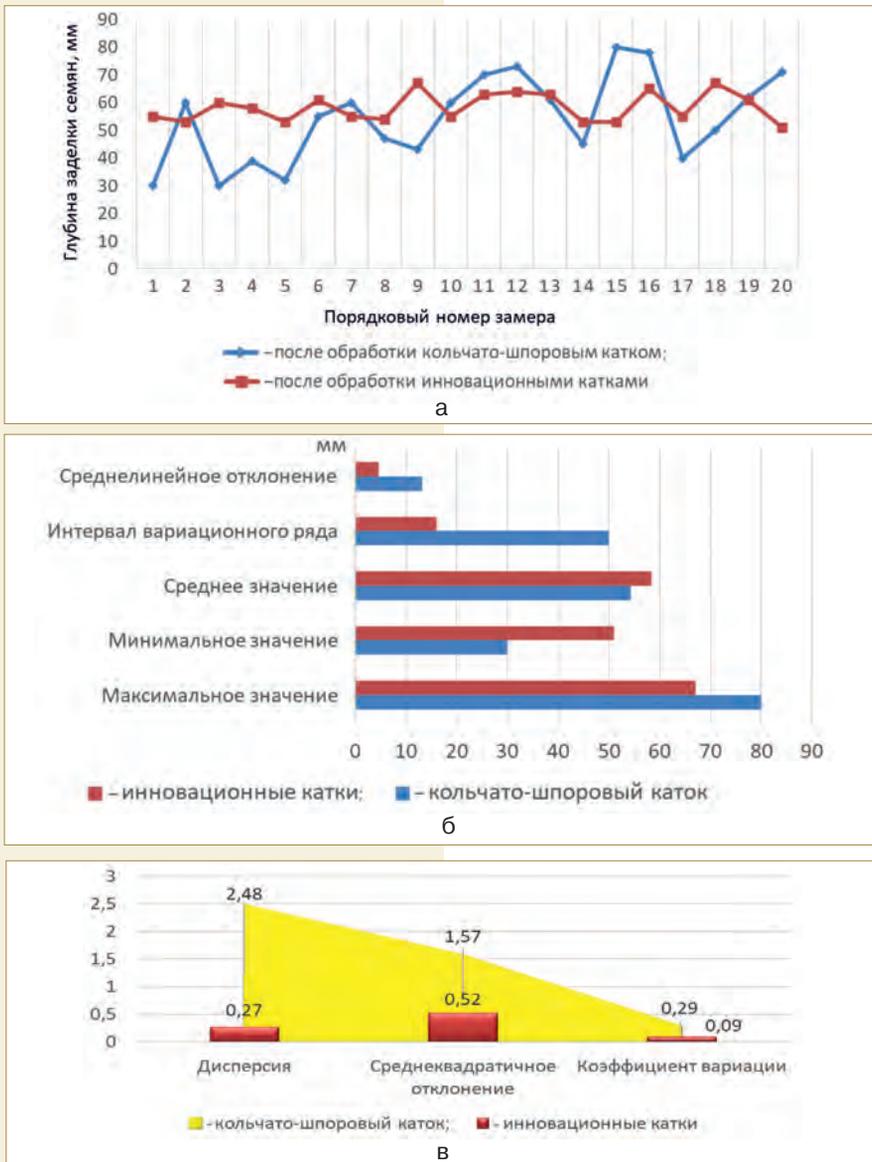


Рис. 4. Показатели, характеризующие равномерность глубины заделки семян яровой пшеницы в почву: а – глубина заделки семян; б, в – статистические показатели

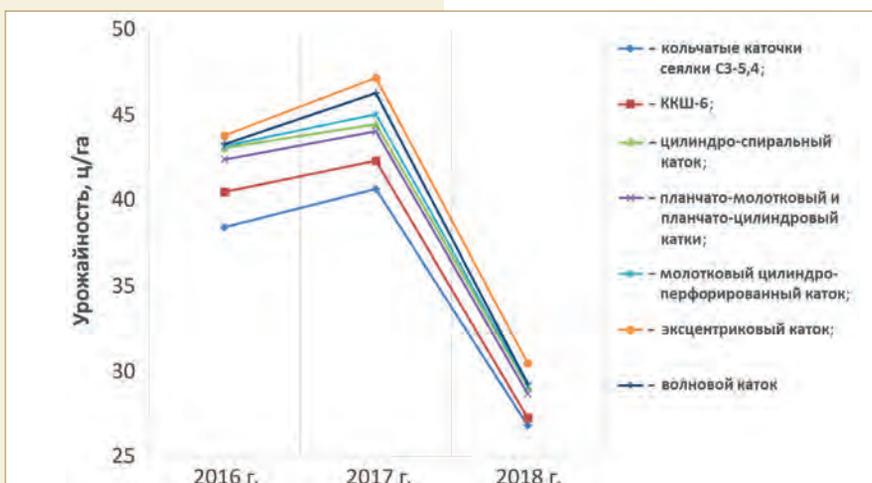


Рис. 5. Урожайность пшеницы после обработки почвы разными катками

Также выявлена прибавка урожайности при использовании разработанных средств механизации поверхностной обработки почвы яровой пшеницы – до 11 и 14 % по сравнению с применением серийных кольчато-шпоровых катков и адресных кольчатых каточков сеялки соответственно (рис. 5).

При оценке экономической эффективности внедрения предложенных средств механизации сравнивали предлагаемый вариант, в котором разработанные катки входят в состав комбинированного посевного агрегата, с базовой технологией. По базовому варианту высев семян осуществляется сеялкой СЗ-5,4, оснащенной адресными кольчатыми каточками. Другой вариант технологии – посев сеялкой СЗ-5,4 с последующим отдельным прикатыванием серийными кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6. Результаты сравнения показали, что при использовании комбинированного посевного агрегата с разработанными почвообрабатывающими катками эксплуатационные затраты уменьшаются на 5342-7824 руб. Более высокая урожайность яровой пшеницы в предлагаемом варианте обеспечивает получение 465,6-619,2 тыс. руб. прибыли и 4648-5045 руб. годового экономического эффекта на 1 га посевов.

Выводы

1. В результате исследования подтверждена научная гипотеза о повышении полевой всхожести семян, равномерности всходов возделываемых агрокультур и увеличении их урожайности на основе применения инновационных способов и средств механизации поверхностной обработки почвы.

2. Оптимизированная удельная масса разработанных катков с учетом балластных грузов на 1 м ширины захвата составляет 95-130 кг в зависимости от конструктивного исполнения рабочих элементов, а также свойств обрабатываемой среды, что в 2,1 раза больше по сравнению с известным и широко используемым кольчато-шпоровым катком ЗККШ-6. Выявлена прибавка

урожайности возделываемых культур до 14% при использовании разработанных средств механизации поверхностной обработки почвы по сравнению с применением серийных кольчато-шпоровых катков и адресных кольчатых каточков сеялки. Годовой экономический эффект составил 4648-5045 руб. на 1 га посевов яровой пшеницы.

Работа выполнена по итогам реализации проекта, поддержанного стипендией Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук СП-2654.2018.1.

Список использованных источников

1. Математическое описание мульчирования прутковым катком / Н.К. Мазитов [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. 2005. № 4. С. 24-26.
2. Оптимизация подготовки почвы под посев пропашных культур / П.А. Смирнов [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2018. № 4. С. 124-129.
3. Руденко Н.Е. Как эффективно воздействовать на почву при поверхностной обработке // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 6. С. 3-8.
4. Modeling the technological process of tillage / S.G. Mudarisov [et. al.] // Soil & Tillage Research. 2019. Т. 190. P. 70-77.
5. Орудие для прикатывания почвы: пат. 2567207 Рос. Федерация: МПК А01В 29/02 (2006.01) / Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина». № 2014146182/13; заявл. 17.11.2014; опубл. 10.11.2015. Бюл. № 31. 5 с.
6. Устройство для определения плотности почвы: пат. 149064 Рос. Федерация: МПК G01N 33/24 (2006.01) / Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Курюшин В.В., Прошкин В.Е., Егоров А.С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина». № 2014130351/15; заявл. 22.07.2014; опубл. 20.12.2014. Бюл. № 35. 2 с.
7. Методика и результаты экспериментальных исследований эксцентрикового катка / В.И. Курдюмов [и др.] // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2017. № 4. С. 199-204.
8. The results of research on tillage rollers with an economic assessment of the effectiveness of their use / I. Sharonov [et. al.] // E3S Web of Conferences, Sevastopol, 07-11 сентября 2020 г. Sevastopol. 2020. P. 01002.

Research of the Process of Surface Tillage Using Innovative Rollers

I.A. Sharonov, V.I. Kurdyumov, V.V. Kurushin, V.E. Proshkin, V.B. Lineenko
(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. Tillage rollers have been developed that provide the required quality of tillage of the surface layer of the soil during sowing. Their optimal design parameters and operating modes have been substantiated. The increase in yield was determined when using the developed tools in comparison with the serial ones. The annual economic effect was revealed, which amounted to 4,648 to 5,045 rubles per one hectare of spring wheat crops.

Keywords: tillage, roller, metal consumption, packing, speed, weight, eccentricity.

Реферат

Цель исследований – повышение качества поверхностной обработки почвы с соблюдением принципов экологичности для увеличения урожайности. Для формирования оптимально уплотненного слоя почвы при посеве агрокультур с учетом технологических требований к процессу разработаны волновой, эксцентриковый, цилиндро-спиральный, молотковый цилиндро-перфорированный, планчато-молотковый и планчато-цилиндрический катки, качественно формирующие верхний посевной слой почвы. Для оценки качества поверхностной обработки почвы катками разработан параметр соответствия агротребованиям (ПСА). Плотность почвы при посеве зерновых культур должна быть оптимальной (1200 кг/м³), агрегатный состав посевного слоя – представлен фракцией размерами 0,25-50 мм. При полном соответствии качественных показателей на глубине расположения семян ПСА = 1. Исследования в полевых условиях проводили при заданной агротребованиями влажности почвы при посеве, которую многократно контролировали прибором TDR 100. При определении фракционного состава почвы на контрольных участках брали пробы по общепринятой методике. Плотность почвы измеряли с помощью устройства для послойного ее определения. Подтверждена поставленная научная гипотеза о повышении полевой всхожести семян, равномерности всходов возделываемых агрокультур и увеличении их урожайности на основе применения инновационных способов и средств механизации поверхностной обработки почвы. Оптимизированная удельная масса разработанных катков с учетом балластных грузов на 1 м ширины захвата составляет 95-130 кг в зависимости от конструктивного исполнения рабочих элементов и свойств обрабатываемой среды. Выявлено увеличение урожайности до 14% при использовании разработанных средств механизации поверхностной обработки почвы по сравнению с применением серийных кольчато-шпоровых катков и адресных кольчатых каточков сеялки. Годовой экономический эффект составил 4648-5045 руб. на 1 га посевов яровой пшеницы.

Abstract

The purpose of the research is to improve the quality of surface tillage in compliance with the principles of environmental friendliness to increase yields. To form an optimally compacted soil layer when sowing agricultural crops taking into account the process requirements, wave, eccentric, cylindrical-spiral, hammer-cylinder-perforated, slat-hammer and slat-cylinder rollers have been developed, which qualitatively form the upper sowing layer of soil. To assess the quality of surface tillage with rollers, an agricultural requirement compliance (ARC) parameter has been developed. The density of the soil when sowing grain crops should be optimal (1,200 kg / cubic meter). The aggregate composition of the seed layer should be represented by a fraction of 0.25-50 mm in size. With full compliance of the quality indicators at the depth of the seeds location, ARC = 1. Field studies were performed at a given and specified by the agricultural requirements soil moisture during sowing, which was repeatedly monitored using a TDR 100 device. When determining the fractional composition of the soil in the control plots, samples were taken according to the generally accepted method. Soil density was determined using a device for its layer-by-layer determination. The formulated scientific hypothesis about an increase in field germination of seeds, uniformity of seedlings of cultivated crops and an increase in their yield through the use of innovative methods and means of mechanization of surface tillage has been confirmed. The optimized specific weight of the developed rollers taking into account the ballast weights per 1 m of the working width, is 95-130 kg depending on the design of the working elements and the properties of the medium being processed. An increase in yield up to 14% was revealed when using the developed means of mechanization of surface tillage in comparison with the use of serial star-wheel rakes and addressable drill Cambridge rollers. The annual economic effect was 4,648- to 5,045 rubles per one hectare of spring wheat crops.

УДК 631.331

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-14-16

Обоснование плотности почвы, формируемой катком гребневой сеялки

Е.С. Зыкин,

д-р техн. наук, проф.,
evg-zykin@yandex.ru

В.И. Курдюмов,

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
vikur-73@yandex.ru

С.А. Лазуткина,

канд. техн. наук, доц.,
lazutksvetlana@yandex.ru

С.П. Албутов,

аспирант,
al-but@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Представлена методика определения плотности почвы, создаваемой в гребне при одновременном воздействии на него сферических дисков и конического колеса катка. Эвристический и технический анализ процесса формирования катками гребней почвы позволил с достоверностью 90 % заключить, что главные факторы, существенно оказывающие влияние на качество формирования гребня почвы – угол атаки сферических дисков ($\alpha = 10^\circ$), скорость перемещения катка ($v_c = 5,4$ км/ч) и усилие сжатия его пружины ($F_{пр} = 180$ Н).

Ключевые слова: сеялка, каток, гребень почвы, сферический диск, плотность.

Постановка проблемы

В ходе рассмотрения различных конструкций почвообрабатывающих катков пропашных сеялок можно заключить, что они в основном предназначены для разрушения комков и уплотнения почвы преимущественно на выровненном поле [1-5].

Тем не менее, проблема качественного прикатывания почвы с применением гребневых катков в настоящее время решена не полностью. Применяемые алгоритмы оценки качества их работы [6-8] несовершенны. Таким образом, для достоверного обоснования параметров оптимизации необходимо решить ряд вопросов, в частности, выбрать методику определения плотности почвы в гребне от одновременного воздействия на нее сферических дисков и конического колеса катка.

Цель исследований – теоретическое и практическое обоснование требуемой плотности почвы, формируемой при одновременном воздействии на нее сферических дисков и конического колеса катка.

Материалы и методы исследования

Реализовать конечную технологическую операцию – формирование почвенного гребня нужных параметров одновременно с посевом возможно при использовании катка, прикатывающее колесо которого имеет конический обод. Новизна предложенного катка подтверждена патентами Российской Федерации № 194330, 194348, 196712.

В конструкцию катка (рис. 1) заложены возможности регулирования в заданных пределах угла атаки сферических дисков и степени сжатия пружины, так как эти параметры оказывают существенное влияние на размеры образуемого гребня и плотность почвы в нем.

Перемещаясь по поверхности поля, сошники гребневой сеялки высевают семена, гребнеобразователи образуют гребень почвы над линией высеянных семян, а катки уплотняют этот гребень (рис. 2).

Такая последовательность операций при правильно обоснованных технологических режимах и конструктивных параметрах рабочих органов катка должна обеспечить оптимальные условия для всходов и последующего развита возделываемых растений.

Результаты исследований и обсуждение

Воздействие только прикатывающего колеса катка на гребень позволяет сформировать плотность почвы в нем:

$$\rho_k = \frac{U_{II} N_{II}}{N_{II} (1 + K_0) - \ln \frac{0,1qh_{cm}}{10^4}} \quad (1)$$

где U_{II} – плотность твердой фазы почвы на глубине 0-0,2 м, кг/м³;

$N_{II} = 5-10$ – степень изменения коэффициента пористости при нагрузке;

K_0 – коэффициент пористости при нагрузке ($9,8 \cdot 10^4$ Па);

q – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³ [1];

h_{cm} – глубина смятия почвы прикатывающим колесом с коническим ободом, м.

Дополнительное увеличение плотности почвы в гребне от уплотнения сферическими дисками (при их угле атаки $\alpha > 0$):

$$\Delta\rho = \rho_1 \left(\frac{B + \frac{H}{\operatorname{tg}\gamma}}{B + \frac{H}{\operatorname{tg}\gamma} - R_{сд} \sin \alpha} - 1 \right) \quad (2)$$

С учетом выражений (1) и (2), теоретически выразим значение плотности почвы в гребне после прохода катка:

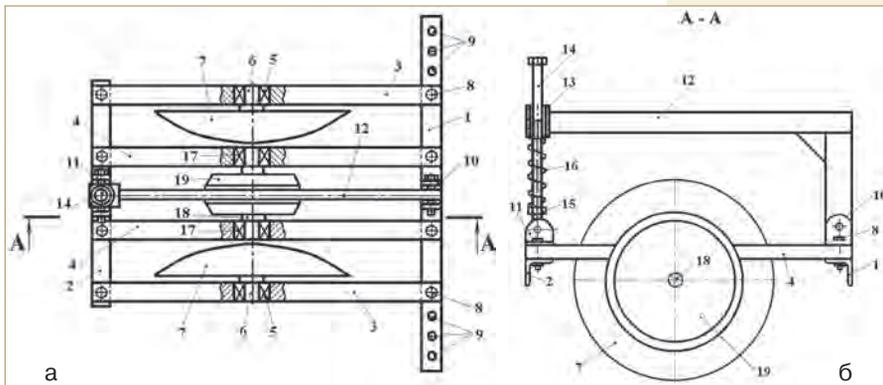


Рис. 1. Каток гребневой сеялки: а – вид сверху; б – вид сбоку;

- 1 – передняя балка; 2 – задняя балка; 3 – боковые балки;
- 4 – продольные балки; 5, 17 – подшипники; 6 – полуоси;
- 7 – сферические диски; 8 – болты; 9 – отверстия; 10 – несущий кронштейн;
- 11 – поддерживающий кронштейн; 12 – Т-образный кронштейн;
- 13 – направляющая втулка; 14 – штанга;
- 15 – гайка; 16 – пружина; 18 – ось; 19 – прикатывающее колесо

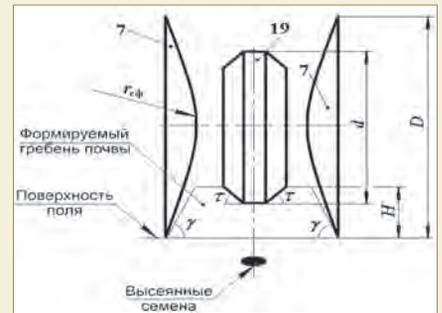


Рис. 2. Схема уплотнения бугорка почвы катком:

$r_{сф}$ – радиус сферы сферического диска, м; d – диаметр прикатывающего колеса, м; D – диаметр сферического диска, м; γ – угол естественного откоса почвы, град.; τ – угол конической части прикатывающего колеса, град.; H – высота гребня почвы, м

$$\rho_K = \frac{U_{II} N_{II}}{N_{II} (1 + K_0) - \ln \frac{0,1qh_{сМ}}{10^4}} + \rho_1 \left(\frac{B + \frac{H}{\text{tg}\gamma}}{B + \frac{H}{\text{tg}\gamma} - R_{сд} \sin \alpha} - 1 \right) \quad (3)$$

Анализ выражения (3) позволил заключить, что на значение плотности почвы в гребне большое влияние оказывают конструктивные параметры катка и физико-механические свойства почвы.

Для подтверждения теоретических расчетов обоснования плотности почвы в лабораторных условиях провели исследования финишной операции формирования гребня катком в почвенном канале. Измеренные показатели, позволяющие оценить качественные значения сформированного гребня, статистически обработали и получили адекватные математические модели, характеризующие взаимодействие скорости перемещения катка и усилия сжатия его пружины при различных углах атаки сферических дисков.

Математические модели в натуральных (4) и кодированных (5) значениях факторов, подлинно отражающие оптимальную ($\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$) плотность почвы в гребне, охарактеризованы следующим образом:

$$\rho = 987,7701 + 259,112v_c + 0,4002F_{пр} - 77,8765v_c^2 - 0,1599v_c F_{пр} - 0,0005F_{пр}^2; \quad (4)$$

$$Y = 1210,1696 - 6,1499x_1 + 3,7891x_2 - 11,698x_1^2 - 7,7887x_1x_2 - 5,7711x_2^2, \quad (5)$$

где ρ, Y – плотность почвы в гребне, кг/м^3 ;
 v_c – скорость перемещения катка, м/с;

$F_{пр}$ – усилие сжатия пружины катка, Н;
 x_1 – скорость перемещения катка;
 x_2 – усилие сжатия пружины катка [1].

Трехмерное воспроизведение поверхности отклика при комбинированном сочетании скорости перемещения катка и усилия сжатия его пружины отображено на рис. 3.

Анализ рис. 3 позволил выявить следующее: поверхность отклика характеризуется точкой максимума в области исследования, а максимальное значение плотности почвы ($\rho_{max} = 1210 \text{ кг/м}^3$) достигается при $\alpha = 10^\circ$ и $F_{пр} = 180 \text{ Н}$ (уравнения (1) и (2)).

Для подтверждения данных по уплотнению гребня почвы, полученных в процессе теоретических и лабораторных исследований, дополнительно проводили исследования в полевых условиях. Для этого применяли гребневую сеялку (рис. 4), оснащенную предлагаемыми катками.

Перед посевом пропашных культур в полевых условиях сферические диски катка установили с углом атаки 10° и обеспечили сжатие пружины с усилием 180 Н. Ско-

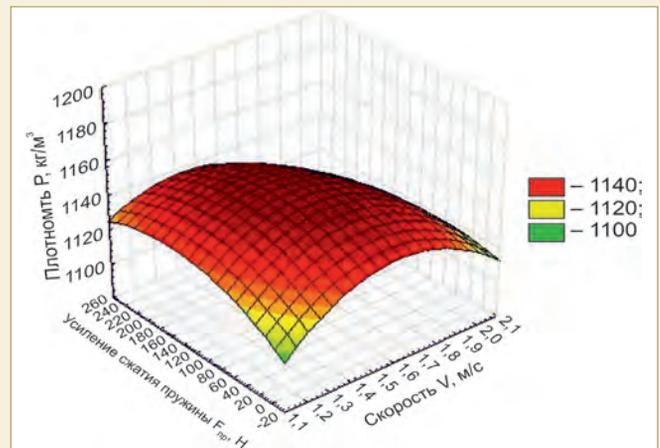


Рис. 3. Поверхность отклика при комбинированном сочетании скорости перемещения катка и усилия сжатия его пружины при $\alpha = 10^\circ$

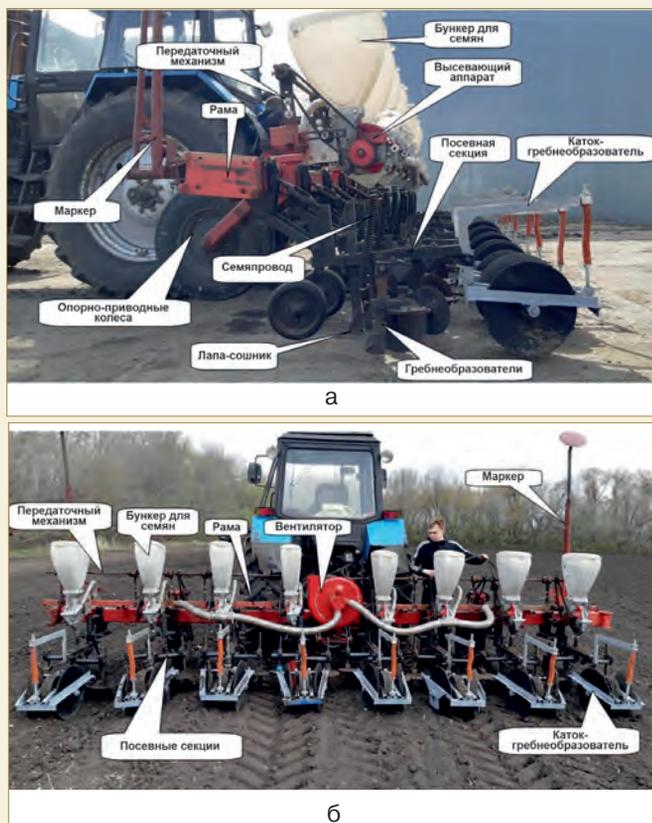


Рис. 4. Гребневая сеялка:
а – вид сбоку; б – вид сзади

рость перемещения гребневой сеялки была в пределах 5-6 км/ч. После завершения посева измеряли показатели, достоверно характеризующие его качество.

Двухмерное воспроизведение значений плотности почвы в вершине и центральной части гребня, а также под семенным ложем отобрано на рис. 5.

Выводы

1. Анализ рис. 5 показал, что полученные значения плотности почвы аналогичны полученным в лабораторных условиях и соответствуют агротехническим требованиям.

2. Эвристический и технический анализ процесса формирования катками гребней почвы позволил с достоверностью 90 % заключить, что главными факторами, существенно влияющими на качество формирования гребня почвы, являются угол атаки сферических дисков ($\alpha = 10^\circ$), скорость перемещения катка ($v_c = 5,4$ км/ч) и усилие сжатия его пружины ($F_{пр} = 180$ Н).

Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – докторов наук МД-2259.2020.8.

Список

использованных источников

1. Зыкин Е.С. Разработка и обоснование технологии и средств механизации гребневого возделывания пропашных культур: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. Уфа – Ульяновск, 2017. 637 с.
2. Design and study of seeding devices for small selection seeding

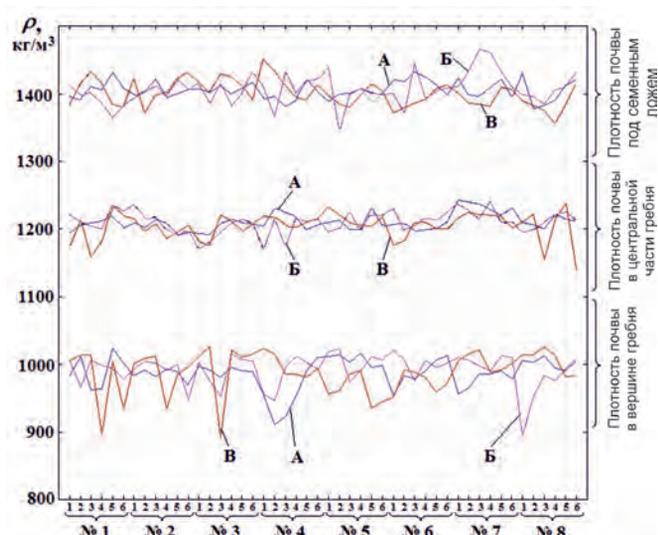


Рис. 5. Двухмерное воспроизведение значений плотности почвы:

А, Б, В – соответственно первая, вторая и третья учетные площадки по диагонали поля; 1-6 – число замеров; № 1-8 – номер сформированного гребня почвы

machines / V. Nemtinov [et. al.] // E3S Web of Conferences. ICMTMTE, 2019. Vol. 126.

3. Милюткин В.А. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius – TX (Amazonen-Werke, JSC «Evrotekhnika») technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge / В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // Агроекологические аспекты устойчивого развития АПК: матер. XIV Междунар. науч. конф. 2017. С. 488-493.

4. Designing soil tillage devices for the spiral land cultivation system / S. Strelalov [et. al.] // E3S Web of Conferences. ICMTMTE, 2019. Vol. 126.

5. Substantiation of the technological scheme of pneumatic grain seeder of subsurface dense sowing / A.E. Bogus [et. al.] // E3S Web of Conferences. ICMTMTE, 2019. Vol. 126.

6. Process modeling of the first interrowcultivation in laboratory conditions / E. Zykin [et. al.] // E3S Web of Conferences. ICMTMTE, 2020. Vol. 193.

7. The experimental determination of the diameter of a flat disk in a ridge seeder / E. Zykin [et. al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. ICMTMTE, 2020. Vol. 971.

8. Modeling of the sowing process of row crops in laboratory conditions / E. Zykin [et. al.] // E3S Web of Conferences. ICMTMTE, 2020. Vol. 193.

Substantiation of the Density of the Soil Formed by a Ridge Drill Roller

E.S. Zykin, V.I. Kurdyumov,
S.A. Lazutkina, S.P. Albutov

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. A method is presented for determining the density of soil in the ridge from the simultaneous action of spherical disks and a conical roller wheel. Heuristic and technical analysis of the process of forming soil ridges by rollers made it possible to conclude with a 90 % reliability that the main factors which significantly affect the quality of soil ridge formation, are the angle of attack of spherical discs ($\alpha = 10^\circ$), the speed of the roller ($v_c = 5.4$ km/h) and the compression force of its spring ($F_{spr} = 180$ N).

Keywords: seeder, roller, soil ridge, spherical disc, density.

УДК 631.171

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-17-20

Теоретическое исследование и практический анализ устройства для дозирования и смешивания сыпучих материалов

Ю.М. Исаев,

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
isurmi@yandex.ru

Н.М. Семашкин,

канд. техн. наук, доц.,
nmsemashkin@mail.ru

В.А. Злобин,

канд. техн. наук, доц.,
ktnzlobin@yandex.ru

Т.А. Джабраилов,

канд. физ.-мат. наук, доц.,
taiyar@mail.ru

В.В. Хабарова,

канд. техн. наук, доц.,
dolinnaya.victoria@yandex.ru
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Рассмотрено и описано устройство для погрузки и смешивания минеральных удобрений. Представлены теоретические исследования для определения скорости истечения сыпучих материалов. Приведены математические выражения, определяющие расход сыпучего бактериального удобрения с учетом геометрических и режимных параметров бункера-дозатора.

Ключевые слова: скорость, частица, сыпучий материал, спираль, дозирование, смешивание.

Постановка проблемы

Технологии транспортирования, погрузки, разгрузки и обработки (смешивания), перемещения сыпучих сельскохозяйственных материалов являются важными задачами при организации производственных процессов в сельском хозяйстве. При перемещении спиральным винтом сыпучего сельскохозяйственного продукта происходит непрерывное перемешивание его слоев, что является показателем многофункциональности использования одного устройства [1]. При этом рабочие органы в виде спиральных винтов не имеют зон застаивания и слеживания материала в замкнутых кожухах [2].

В настоящее время отсутствует теория, описывающая несколько одновременных процессов, протекающих в одном устройстве [3], а именно линейное перемещение сыпучей массы по магистрали транспортера с одновременным перемешиванием ее с инородными материалами жидкого либо твердого сыпучего агрегатного состояния [4].

Конечный продукт после выхода из транспортера должен иметь однородную консистенцию с учетом добавленного инородного вещества. А если речь идет о полноте покрытия гранул бактериальными удобрениями, то данные теории процессов отсутствуют [5]. При этом изыскание и внедрение новых, более совершенных энерго- и ресурсосберегающих технических средств механизации и механизированной обработки сыпучих материалов являются важной научной и технической проблемой. Чтобы сформировать методику применения теории смешивания различных материалов относительно разрабатываемых устройств, нужно в исследованиях, направленных на теорию описания процессов смешивания сыпучих масс с инородными сыпучими веществами, руководствоваться их размерами и фактурой, геометрическими параметрами рабочего органа, который будет производить и перемещать материал, и режимными параметрами устройства в целом [6].

Цель исследований – теоретический и практический анализ устройства для дозирования и смешивания сыпучих сельскохозяйственных материалов.

Материалы и методы исследования

Для реализации поставленной цели применялись методы, основанные на реальных данных, полученных в ходе теоретических и экспериментальных исследований, математических вычислений и моделирования.

Теоретические исследования выполнены с использованием законов теоретической механики и механики сплошной среды. Для получения зависимостей и математических моделей, описывающих процессы перемещения сыпучих материалов спирально-винтовыми рабочими органами в технологических процессах, используются методы системного анализа априорной информации. Экспериментальные исследования выполняются на основе разработанных частных методик с использованием теории планирования экспериментов, современных приборов и установок. Полученные экспериментальные данные обработаны с помощью методов математической статистики с использованием современных компьютерных программ.

Для разработки энергосберегающих, высокоэффективных, недорогих устройств для обработки и перемещения сыпучих сельскохозяйственных материалов необходимо использовать устройства, в которых рабочим органом является вращающийся спиральный винт.

Спирально-винтовые рабочие органы могут использоваться как в кожухах круглого сечения различного диаметра, так и без них в зависимости от процесса работы устройства [7].

Предлагаемые теоретические исследования и, соответственно, разрабатываемое устройство со спирально-винтовым рабочим органом позволяют значительно расширить область их применения в сельскохозяйственном производстве, а исследуемые методики расчета, проектирования и оптимизации параметров – снизить затраты энергии и материалоемкость конструкций.

Рассмотрим бункер-дозатор для транспортирования и смешивания минеральных удобрений (рис. 1).

Бункер-дозатор включает в себя: бункер 1 с вибратором 2, в нижней части которого расположен спирально-винтовой орган для дозирования 3, находящийся в кожухе 4. На одном конце кожуха расположено выгрузное окно 5. Привод дозирующего спирально-винтового органа 3 соединен с электродвигателем 6 посредством гибкой муфты 7. Сам бункер установлен на пружинах 9 и соединен с кожухом 4 эластичной муфтой 8. В верхней части бункера находится переключка 10, на которой посредством шарнира 11 вертикально по центру выпускного отверстия установлена штанга 12.

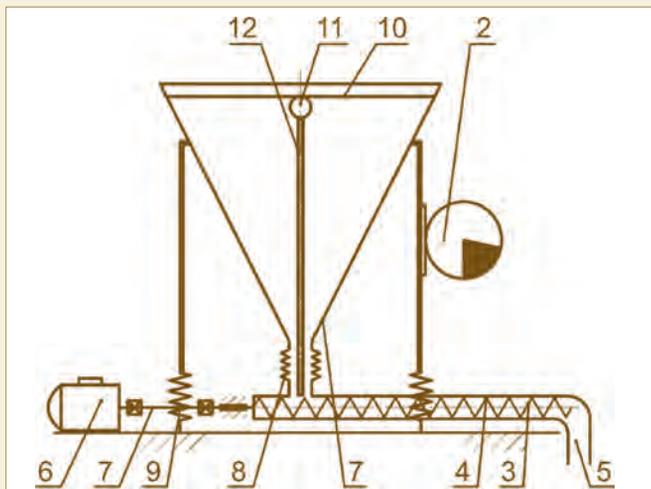


Рис. 1. Бункер-дозатор (вид слева)

Результаты исследований и обсуждение

Определение скорости истечения сыпучих материалов. Анализируя пропускную способность и продолжительность перемещения материалов через разгрузочное отверстие, необходимо учитывать геометрические параметры бункера. При этом определяющей зоной истечения сыпучего материала является нижняя сужающаяся его часть, так как в ней происходит сводообразование. Следовательно, при истечении сыпучих материалов общее время данного процесса будет складываться из времени равномерного и неравномерного их истечения.

На примере конического бункера рассмотрена скорость истечения (рис. 2).

Радиус выпускного отверстия определяется из выражения:

$$r = R - H \operatorname{tg} \alpha = R - bH, \quad (1)$$

где R – радиус верхнего сечения, м;

H – высота бункера, м;

α – угол наклона стенок бункера, град; $b = \operatorname{tg} \alpha$.

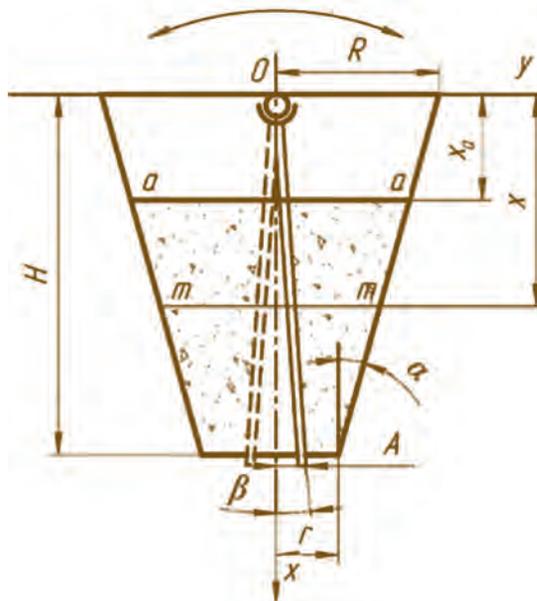


Рис. 2. Основные геометрические размеры бункера

Определим площадь поперечного сечения $F(x)$ выпускного отверстия и его производную по абсциссе $F'(x)$ [8]:

$$F(x) = \pi((R - bx)^2 - A^2), \quad (2)$$

где A – амплитуда колебаний штанги, м.

$$F'(x) = 2\pi b(bx - R) - 2\pi A. \quad (3)$$

При $x = H$ имеем:

$$F_0 = F(H) = \pi((R - bH)^2 - A^2) = \pi(r^2 - A^2). \quad (4)$$

Запишем дифференциальное уравнение истечения материала из отверстия:

$$\frac{dq}{dt} - \frac{F_0'}{F^2} q^2 = gF_0, \quad (5)$$

где q – объемный расход сыпучего материала, м³/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Подставим формулы (3), (4) в уравнение (5), получим:

$$\frac{dq}{dt} + \frac{2(br - A)}{\pi(r^2 - A^2)^2} q^2 = \pi(r^2 - A^2)g. \quad (6)$$

Далее подставим значения $D = \frac{2(br + A)}{\pi(r^2 - A^2)^2}$ и $E = \pi(r^2 - A^2)g$ в формулу (6).

$$\frac{dq}{dt} + Dq^2 = E. \quad (7)$$

Частное решение формулы (7) будет иметь вид:

$$q = \sqrt{\frac{E}{D}} th \sqrt{ED} t, \quad (8)$$

где t – время истечения материала, с.

Подставив в формулу (8) значения D и E , найдем зависимость расхода материала от времени:

$$q = \pi(r^2 - A^2) \sqrt{\frac{g(r^2 - A^2)}{2(br + A)}} th \sqrt{\frac{2g(br + A)}{(r^2 - A^2)}} t. \quad (9)$$

Разделив расход q на площадь отверстия $F_0 = \pi(r^2 - A^2)$, получим скорость истечения v_0 (м/с) в зависимости от времени:

$$v_0 = \sqrt{\frac{g(r^2 - A^2)}{2(br + A)}} th \sqrt{\frac{2g(br + A)}{(r^2 - A^2)}} t. \quad (10)$$

Продифференцировав формулы (9) и (10), получим:

$$q' = \frac{dq}{dt} = \pi g(r^2 - A^2) (1 - th^2 \sqrt{\frac{2g(br + A)}{(r^2 - A^2)}} t). \quad (11)$$

Функция гиперболический тангенс

$$thx = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (12)$$

при $x = 0$ будет иметь нулевое значение, а с возрастанием x асимптотически будет стремиться к единице.

Соответственно, с увеличением времени расход материала q и скорость его истечения v_0 асимптотически стремятся к своим максимальным, предельным значениям [10]:

$$q = \pi(r^2 - A^2) \sqrt{\frac{g(r^2 - A^2)}{2(rtg\alpha + A)}}; \quad (13)$$

$$v = \sqrt{\frac{g(r^2 - A^2)}{2(rtg\alpha + A)}}. \quad (14)$$

Найденные формулы (13), (14) дают возможность определить подачу бактериального удобрения как трудносыпучего материала с учетом режима работы устройства и геометрических параметров конического бункера. На рис. 3 представлена зависимость расхода q от амплитуды A и радиуса выпускного отверстия r [9].

В выражениях (13) и (14) представлены максимальные значения расхода и скорости истечения сыпучего материала. Данные параметры не имеют зависимости от высоты столба истечения над выпускным отверстием [8-10], а отражают лишь их зависимость от радиуса r и угла $\alpha = \arctg b$.

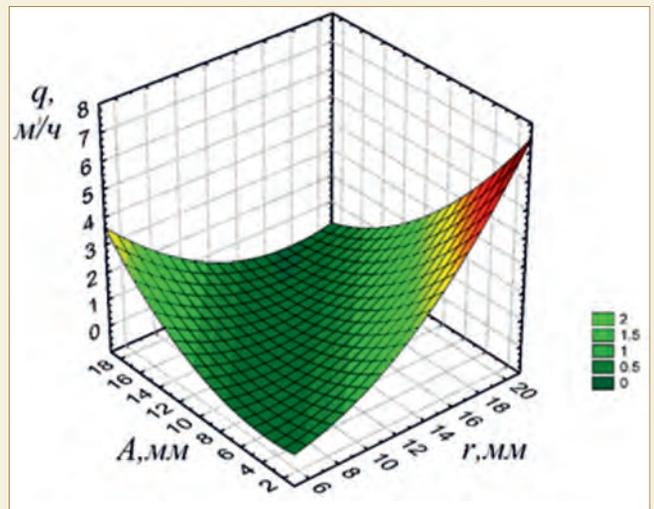


Рис. 3. Зависимость расхода материала q от амплитуды A и радиуса выпускного отверстия r

Исследование устройства для выгрузки минеральных удобрений. Исследован процесс перемещения минерального удобрения с помощью устройства со спирально-винтовыми рабочими органами в зависимости от различных частот их вращения.

Проведены лабораторные исследования по определению подачи и энергоемкости спирально-винтового погрузчика со следующими параметрами: диаметр рабочего органа $d_H = 0,072$ м; шаг его спирали $S = 0,07$ мм, диаметр проволоки, из которой он выполнен, $\delta = 0,008$ мм; длина кожуха устройства $L = 4,3$ м; его диаметр $D_k = 0,08$ м; частота вращения спирально-винтового органа в диапазоне $n = 300-1000$ мин⁻¹; перфорация между D_k и d_H $\Delta = (D_k - d_H) / 2 = 0,004$ м; угол наклона кожуха к горизонту $\gamma = 15-45^\circ$. Исследуемый материал – аммиачная селитра (минеральное удобрение) с насыпной плотностью $\rho = 1020$ кг/м³.

Зависимость подачи от частоты вращения рабочего органа и угла наклона к горизонту представлена уравнением регрессии:

$$Q = -0,156 - 0,015\gamma + 0,011n - 6,944 \cdot 10^{-5}\gamma^2 - 1,194 \cdot 10^{-5}\gamma n - 3,771 \cdot 10^{-6}n^2. \quad (15)$$

Зависимость энергоемкости N аммиачной селитры (минеральное удобрение) от частоты вращения спирально-винтового рабочего органа устройства n и угла наклона к горизонту γ на основании уравнения (15) приведена на рис. 4.

Для определения энергоемкости погрузки минерального удобрения было выведено уравнение регрессии:

$$N = 1,01 - 2,873 \cdot 10^{-2}\gamma - 4,37 \cdot 10^{-4}n + 4,734 \cdot 10^{-4}\gamma^2 - 2,665 \cdot 10^{-6}\gamma n. \quad (16)$$

Сравнительный анализ теоретических и лабораторных исследований приведен на рис. 5, на котором представлена зависимость подачи материала от частоты вращения спирального винта по сравнению с теоретически полученными данными.

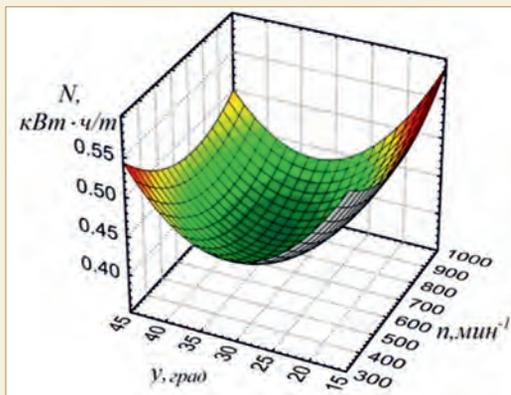


Рис. 4. Зависимость энергоёмкости N аммиачной селитры от частоты вращения рабочего органа устройства n и угла наклона его к горизонту γ

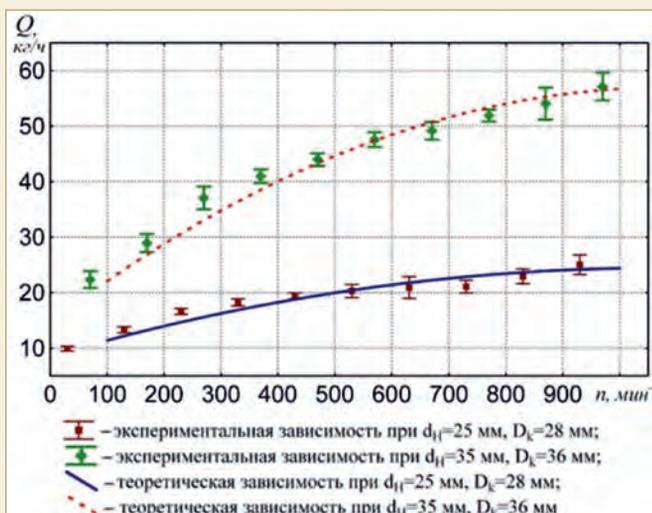


Рис. 5. Зависимость подачи сыпучего материала от частоты вращения спирального винта по сравнению с теоретическими данными

Выводы

1. Установлено, что истечение удобрения из выпускного отверстия конического бункера происходит при диаметре отверстия, превышающем 28 см. Наибольшая подача дозатора, равная 57,1 кг/ч, достигается при диаметре рабочего органа 35 мм, частоте его вращения 1000 мин⁻¹ и диаметре кожуха 36 мм.

2. Получены выражения для теоретического определения расхода материала q и скорости истечения v , которые не имеют зависимости от высоты столба истечения над выпускным отверстием, а отражают лишь зависимость от радиуса r и угла наклона стенок бункера α . При максимальной подаче аммиачной селитры (минеральное удобрение) ($Q = 5,3$ т/ч) энергоёмкость N составила 0,43 кВт·ч/т.

Список

использованных источников

1. К вопросу о вертикальном перемещении сыпучего материала / Ю.М. Исаев [и др.] // Вестник Ульяновской ГСХА. 2012. № 4. С. 122-126.

2. **Isaev Y., Semashkin N., Zlobin V.** Regularities of motion of a particle in the spiral-screwed device / E3S Web of Conferences. 2019. С. 00041.

3. Результаты исследования работы спирально-винтового устройства для обеззараживания зерна / Ю.М. Исаев [и др.] // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Почетного работника высшего проф. образования, академика РАЕН, д-ра техн. наук, проф. В.Г. Артемьева. 2018. С. 86-94.

4. **Васильев В.Ф.** Водометные движители. М.: МАДИ (ГТУ). 2006. С. 45.

5. **Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А.** Теоретическое описание перемещения частицы винтовой поверхностью по плоскости // В сб.: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Матер. VI Междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 44-47.

6. **Крючин А.Н.** Повышение качества посева семян трав самоходной пневматической мини-сеялкой применением дисково-штифтового высевающего аппарата: автореф. дисс. канд. техн. наук. Пенз. ГАУ. Пенза. 2016. С. 20.

7. **Крючин Н.П., Вдовкин С.В., Крючин А.Н.** Оптимизация параметров высевающего устройства для трудносугучих семян // Матер. нац. науч.-практ. конф. Воронежского ГАУ им. императора Петра I. 2019. С. 239-244.

8. **Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Яиков В.И.** Теории шнековых устройств. Л.: Ленингр. ун-т, 1978. 144 с.

9. **Гутьяр Е.Я.** Элементарная теория вертикального винтового транспортера / Тр. МИМЭСХ им. В.М. Молотова. М.: Машгиз. 1956. Т. 2. С. 8-12.

10. **Желтов В.П.** Расчет спиральных винтовых конвейеров // Вестник машиностроения. 1975. № 5. С. 18-21.

Theoretical Research and Practical Analysis of a Device for Dosing and Mixing Bulk Materials

Yu.M. Isaev, N.M. Semashkin, V.A. Zlobin,
T.A. Dzhabrailov, V.V. Khabarova
(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. A device for loading and mixing mineral fertilizers is discussed and described. Theoretical studies to determine the flow rate of bulk materials are described. Mathematical expressions are given that determine the consumption of bulk bacterial fertilizer taking into account the geometric and operating parameters of the metering hopper.

Keywords: speed, particle, bulk material, spiral, dosing, mixing.



УДК 631.171

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-21-24

Теоретическое исследование и анализ устройства для протравливания и перемещения сыпучих материалов

Ю.М. Исаев,

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
isurmi@yandex.ru

Н.М. Семашкин,

канд. техн. наук, доц.,
nmsemashkin@mail.ru

В.А. Злобин,

канд. техн. наук, доц.,
ktnzlobin@yandex.ru

Е.В. Минибаева,

ст. препод.,
eminibaeva00@mail.ru

А.М. Исаева,

isurmi@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Рассмотрены теоретические исследования работы устройства для протравливания и перемещения сыпучих материалов. Описан частный анализ уравнения Лагранжа для движения частицы в спирально-винтовом устройстве. Приведены все действующие на частицу со стороны спирального винта и внутренней поверхности корпуса устройства силы и векторы скоростей во время ее перемещения. Исследовано и преобразовано выражение для угла θ , характеризующее геометрические параметры спирали, цилиндрического корпуса, а также размер частиц материала в устройстве.

Ключевые слова: уравнение Лагранжа, скорость, частица, сыпучий материал, спираль, протравливание.

Постановка проблемы

Важными задачами в сельскохозяйственном производстве являются снижение потерь и улучшение качества зерна при его транспортировке, переработке и хранении. Все технологические операции и рабочие процессы в сельском хозяйстве осуществляются путем транспортировки и обработки материалов, для чего используются сотни видов рабочих органов машин, малоуниверсальных, металло- и энергоемких, сложных по конструкции и технологии изготовления.

Особое внимание уделяется процессам транспортирования и протравливания зерна. Ввиду этого разработка высокоэффективных устройств, позволяющих поддерживать высокое качество протравливания семян и низкий процент их травмирования, а также достижение низких показателей потребления электрической энергии и металлоемкости являются значимой задачей [1].

С целью снижения материальных затрат и электроэнергии целесообразно объединить выполнение процессов загрузки и протравливания в одном устройстве.

Наиболее эффективным видом транспортировки широкого спектра сыпучих продуктов, в том числе агрессивных и абразивных материалов, являются гибкие спиральные транспортные системы. Основной элемент такой системы – спираль, которая изготавливается из специальной высокопрочной пружинной или нержавеющей стали [2].

Спиральные винты могут быть разной длины и диаметра. От диаметра транспортера и мощности двигателя зависит его производительность, а длина трассы может достигать 10 м в высоту и 120 м в длину (при последовательном соединении нескольких конвейеров) [3].

Использование для транспортировки сыпучих продуктов спирали с жестким валом имеет ряд недостатков: высокая металлоемкость производства оборудования, невозможность учета физико-химических свойств перемещаемого груза, сложность смены участков забора и разгрузки продукта. Поэтому в конструкцию транспортера были внесены изменения: спираль с жестким валом заменили спиралью без вала [4]. Вращаясь в кожухе, цилиндрическая спираль способствует эффективному перемещению материала внутри цилиндрического корпуса без дополнительных энергозатрат, повышающих себестоимость эксплуатации устройства [5].

Цель исследований – теоретический и практический анализ устройства для протравливания и перемещения сыпучих сельскохозяйственных материалов.

Материалы и методы исследования

Для разработки методов, позволяющих обеспечить высокое качество смешивания сыпучего материала с инородными сыпучими компонентами, использованы транспортирующие устройства со спирально-винтовыми рабочими органами. Проведены исследования взаимодействия спирального винта с сыпучими компонентами (гранулы и порошок) перемещаемого материала.

При разработке методов, позволяющих обеспечить высокое качество смешивания сыпучего материала с инородными сыпучими компонентами, исследовалось сухое смешивание минеральных гранулированных удобрений (натриевая и калиевая селитра) с бактериологическими удобрениями (фосфоробактерин, бисолбифит, экстрасол, ризоторфин).

Точное теоретическое решение данной задачи связано с большими трудностями ввиду сложного движения перемещаемой сыпучей массы и напряженного ее состояния в пространстве. При исследовании используем теорию винтовых устройств (спираль Архимеда), которую сможем применить при практических расчетах. Рассмотрим проволочную спираль, поверхность которой образована перемещением некоторого радиуса, нормального к оси спирального винта. Сыпучий материал (гранулы минерального удобрения) будет перемещаться под вращательным действием спирального винта, и в начале движения с помощью дозатора будет происходить подмешивание порошкообразного бактериального удобрения.

Далее оба компонента будут перемешиваться спиралью и на выходе из устройства будет получена сыпучая однородная, равномерно перемешанная масса. Равномерность смешивания двух компонентов обеспечат оптимально выбранные при исследовании конструктивно-режимные параметры транспортера-смесителя.

Любое производство обуславливает решение задачи транспортировки сырья и готовой продукции в рамках технологического процесса. Это актуально для пищевой, перерабатывающей, химической и практически любой промышленности.

Процесс перемещения семенного материала осуществляется за счет пересыпания массы и постоянного ее вращения, что позволяет осуществить качественное протравливание.

Спиральный транспортер позволяет вводить в перемещаемую семенную массу препараты-протравители как в жидком, так и в сухом виде.

Результаты исследований и обсуждение

Рассмотрим случай, когда устройство, состоящее из спирально-винтового рабочего органа и цилиндрического корпуса, наклонено к вертикали под углом β . Учтем, что корпус установлен неподвижно, а спираль вращается внутри него вокруг своей оси с неизменяющейся угловой скоростью ω .

Уравнение Лагранжа второго рода для одной обобщенной координаты s будет иметь следующий вид:

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T}{\partial \dot{s}} - \frac{\partial T}{\partial s} = Q_S, \quad (1)$$

где t – время движения, с;

T – кинетическая энергия частицы, Дж;

Q_S – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате s , Н.

Чтобы определить обобщенную силу Q_S , нужно задать частице возможное смещение ds , соответствующее обобщенной координате s . Далее вычисляется сумма работы активной силы и сил трения для перемещения ds :

$$\Sigma \delta A(F_k) = (\Sigma F_{ks}) \delta s, \quad (2)$$

где $\Sigma \delta A(F_k)$ – сумма работ активной силы и сил трения, Дж;

ΣF_{ks} – проекции всех сил на направление S .

Угол θ характеризует геометрические параметры спирали, цилиндрического корпуса, а также размер частиц материала в устройстве:

$$\theta = \arcsin \left(\frac{r + r_3 - r_1 - r_2}{r_1 + r_3} \right), \quad (3)$$

где r – радиус цилиндрического корпуса, м;

r_1 – радиус перемещаемой частицы, м;

r_2 – наружный радиус спирали, м;

r_3 – радиус прутка спирали, м.

Разворот винтовой линии на плоскость, касательную к поверхности корпуса устройства, представлен на рис. 1.

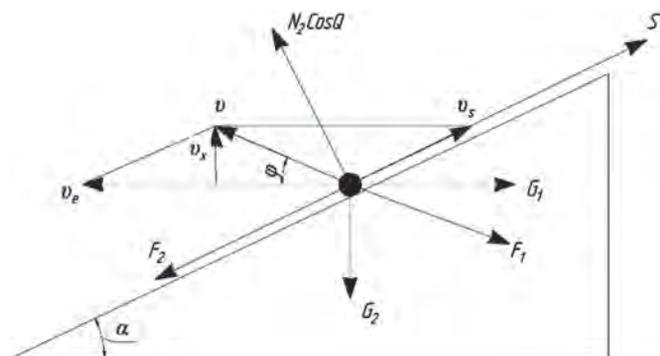


Рис. 1. Развертка винтовой линии на плоскость, касательную к внутренней поверхности корпуса

Обобщенная сила Q_S является коэффициентом при δs в выражении (2):

$$Q_S = \Sigma F_{ks} = F_1 \cos(\alpha + \varphi) - F_2 - G_2 \sin \alpha + G_1 \cos \alpha, \quad (4)$$

где F_1 – сила трения, направленная в противоположную сторону движению частицы сторону по вектору v_0 , Н;

α – угол наклона рабочего органа к горизонту;

φ – угол между вектором абсолютной скорости и ее горизонтальной составляющей;

G_1 – сила, действующая на частицу со стороны кожуха, Н;

F_2 – сила трения скольжения частицы о поверхность спирали, Н;

G_2 – сила тяжести, Н.

С учетом формулы (4) уравнения для сил трения будут иметь вид:

$$F_1 = G \cdot f_1 \left(\frac{(v_a \cos \varphi)^2}{rg} + \text{tg} \theta + \sin \beta \cos \gamma \right); \quad (5)$$

$$F_2 = f_2 (G_2 \cdot \cos \alpha + G_1 \cdot \sin \alpha + F_1 \sin(\alpha + \varphi)); \quad (6)$$

$$G_2 = G \cos \beta, \quad G_1 = G \cdot \sin \beta \sin \gamma; \quad (7)$$

$$F_2 = f_2 (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + f_1 \left(\frac{v_a^2 \cos^2 \varphi}{rg} + \sin \beta \cos \gamma \right) \sin(\alpha + \varphi)); \quad (8)$$

$$F_2 = f_2 \cos \theta (\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma + f_1 (v_a^2 \cos^2 \varphi / (rg) + tg\theta + \sin \beta \cos \gamma) \sin(\alpha + \varphi)), \quad (9)$$

где G – сила, действующая на частицу со стороны поверхности спирального винта, Н;

f_1 – коэффициент трения частицы о поверхность спирали;

v_a – скорость вращения частицы, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

γ – угол поворота частицы вокруг оси вращения;

f_2 – коэффициент трения частицы о внутреннюю поверхность корпуса.

Далее нужно определить угол γ (см. рис. 1) в некоторый момент времени t от начала движения, когда частица имеет координату s , а спираль повернется на угол ωt в противоположном движению частицы направлении, (ω – угловая скорость вращения спирали, с⁻¹). Следовательно, угол γ определяет положение частицы по отношению к неподвижной системе координат (ось Oy):

$$\gamma = \omega t - s \cdot \cos \alpha / r. \quad (10)$$

Необходимо выразить $\sin(\alpha + \varphi)$ и $\cos(\alpha + \varphi)$ через относительную и переносную скорости:

$$\sin(\alpha + \varphi) = \omega r \sin \alpha / v_a. \quad (11)$$

По теореме косинусов:

$$v_a = \sqrt{\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2}, \quad (12)$$

где \dot{s} – относительная скорость частицы, м/с.

Тогда с учетом выражения (12):

$$\sin(\alpha + \varphi) = \omega r \sin \alpha / \sqrt{\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2}, \quad (13)$$

где ω_r – скорость частицы, м/с.

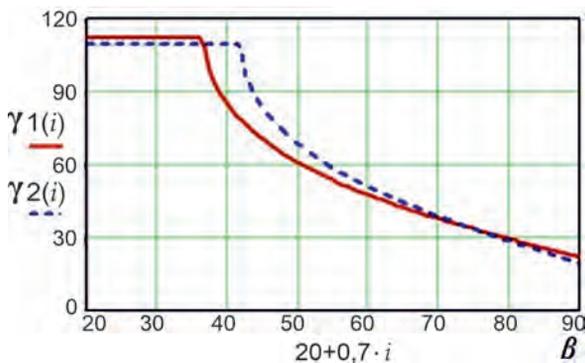


Рис. 2. Изменение угла γ в зависимости от угла наклона β

$$\begin{aligned} \cos(\alpha + \varphi) &= \sqrt{1 - \sin^2(\alpha + \varphi)} = \\ &= (\omega r \cos \alpha - \dot{s}) / \sqrt{\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2}. \end{aligned} \quad (14)$$

Скорость вращения частицы:

$$v_a \cos \varphi = \omega r - \dot{s} \cos \alpha. \quad (15)$$

Подставив выражения (5), (7), (9) с учетом уравнений (10), (12), (14), (15) в формулу (4), получим:

$$\begin{aligned} Q_s = G \cdot \{ & f_1 ((\omega r - \dot{s} \cos \alpha)^2 / (rg) + tg\theta + \sin \beta \cos(\omega t - s \cos \alpha / r)) \times \\ & \times ((\omega r (\cos \alpha - f_2 \cos \theta \sin \alpha) - \dot{s}) / \sqrt{\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2}) - \\ & - \sin \beta (f_2 \cos \theta \sin \alpha - \cos \alpha) \sin(\omega t - s \cdot \cos \alpha / r) - \cos \beta (f_2 \cos \theta \cos \alpha - \sin \alpha) \}. \end{aligned} \quad (16)$$

Кинетическая энергия частицы:

$$T = \frac{1}{2} G v_a^2. \quad (17)$$

Подставив выражение (12) в формулу (17), получим:

$$T = \frac{1}{2} G (\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2). \quad (18)$$

Дифференцируя это выражение согласно формуле (1), вычисляем соответствующие величины:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{s}} = \frac{G}{g} (\dot{s} - \omega r \cos \alpha), \quad (19)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{s}} = \frac{G}{g} \ddot{s}, \quad (20)$$

$$\frac{\partial T}{\partial s} = 0. \quad (21)$$

После подстановки Q_s из выражения (16) и производных из уравнений (20), (21) в уравнение Лагранжа (1) и дальнейшего упрощения получим дифференциальное уравнение движения частицы:

$$\begin{aligned} \ddot{s} - G \cdot \{ & f_1 ((\omega r - \dot{s} \cos \alpha)^2 / (rg) + tg\theta + \sin \beta \cos(\omega t - s \cdot \cos \alpha / r)) \times \\ & \times ((\omega r (\cos \alpha - f_2 \cos \theta \sin \alpha) - \dot{s}) / \sqrt{\omega^2 r^2 - 2\omega r \dot{s} \cos \alpha + \dot{s}^2}) - \\ & - \sin \beta (f_2 \cos \theta \sin \alpha - \cos \alpha) \sin(\omega t - s \cdot \cos \alpha / r) - \\ & - \cos \beta (f_2 \cos \theta \cos \alpha - \sin \alpha) \} = 0. \end{aligned} \quad (22)$$

Уравнение (22) описывает относительное движение частицы по наклонному СВУ в установившемся режиме. Установившееся движение частицы в зависимости от угла наклона β и числа оборотов можно разделить на три диапазона (рис. 2).

В первом диапазоне частица движется равномерно поступательно, параллельно оси Z со скоростью, пропорциональной ω ($\beta_k \leq \beta \leq \pi/2$); ω – любая, β_k – критический угол наклона устройства.

Во втором диапазоне частица не может двигаться прямолинейно, соскальзывая внутрь спирально-винтового

устройства при критическом угле наклона β_k ($0 \leq \beta \leq \beta_k$); $\omega < \omega_k$, ω_k – критическая угловая скорость спирали, c^{-1} [6].

В третьем диапазоне частица движется по винтовой линии при больших значениях $\omega \rightarrow \omega_k$ и угле β_k , т.е. $0 \leq \beta \leq \beta_k$; $\omega > \omega_k$.

В первом диапазоне $\dot{S} = \text{const}$, $\ddot{S} = 0$, $\varphi = \pi/2$, $v_a = Hn$ при $\theta \neq 0$,

H – шаг спирали, m ; n – число оборотов, c^{-1} .

Уравнение (22) при $\theta \neq 0$ примет вид:

$$f_1 \cos \gamma - \sin \gamma \text{tg}^{-1}(\alpha + \varphi_3) + \text{tg}^{-1} \beta \left(1 + \text{tg} \theta \frac{\sin(\alpha + \varphi_2) \cos \varphi_3}{\sin(\alpha + \varphi_3) \cos \varphi_2} \right) = 0, \quad (23)$$

где $\varphi_2 = \arctg f_2$; $\varphi_3 = \arctg(f_2 \cos \theta)$.

При $\theta = 0$ уравнение (22) примет вид:

$$\left(f_1 - \frac{\text{tg} \gamma}{\text{tg}(\alpha + \varphi_2)} \right) \cos \gamma + \text{tg}^{-1} \beta = 0. \quad (24)$$

Решения трансцендентных уравнений (23), (24) относительно угла γ в зависимости от угла наклона β при различных углах θ :

$$(f_1 \cos \gamma (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) + \sin \gamma (f_2 \sin \alpha - \cos \alpha)) \sin \beta + (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) \cos \beta = 0.$$

Решение относительно $\text{tg} \gamma$ запишется в виде:

$$\text{tg} \gamma = \frac{f_1 \text{ctg}(\alpha + \varphi_2) \pm \text{ctg} \beta \sqrt{\text{ctg}^2(\alpha + \varphi_2) + f_1^2 - \text{ctg}^2 \beta}}{\text{ctg}^2(\alpha + \varphi_2) - \text{ctg}^2 \beta}, \quad (25)$$

$\varphi_2 = \arctg f_2$ – угол трения о виток спирали.

В выражении (25) необходимо брать знак «+», так как с уменьшением β в первом диапазоне угол γ увеличивается. Следовательно:

$$\text{tg} \gamma = \frac{f_1 \text{ctg}(\alpha + \varphi_2) + \text{ctg} \beta \sqrt{\text{ctg}^2(\alpha + \varphi_2) + f_1^2 - \text{ctg}^2 \beta}}{\text{ctg}^2(\alpha + \varphi_2) - \text{ctg}^2 \beta}. \quad (26)$$

Значение угла γ не зависит от скорости спирального винта. Из выражения (26) можно определить критическое значение β_k , больше которого частица движется прямолинейно при $\gamma = \pi/2$, или $\text{ctg} \gamma = 0$. Приравняв знаменатель в выражении (26) к нулю, получим:

$$\text{ctg}^2(\alpha + \varphi_2) - \text{ctg}^2 \beta = 0. \quad (27)$$

Откуда $\beta_k = \alpha + \varphi_2$.

В случае горизонтального СВУ: $\beta = \pi/2$ и (2.22) примет вид:

$$\text{tg} \gamma = f_1 \text{tg}(\alpha + \varphi_2).$$

Второго диапазона следует избегать, так как движение неупорядоченное. В третьем диапазоне неравномерность имеет периодический характер с периодом $\gamma = 2\pi m$ (m – целое число).

Наблюдения показали, что с увеличением β и ω_0 сыпучий материал распределяется по всей поверх-

ности кожуха и описывает в пространстве винтовую линию.

Выводы

1. Путем математических преобразований уравнения Лагранжа получено дифференциальное уравнение, которое описывает относительное движение частицы по наклонному спирально-винтовому устройству в установленном режиме перемещения материала.

2. Установившееся движение частицы в зависимости от угла наклона устройства и угловой скорости спирали можно разделить на три фазы: в первой фазе частица движется равномерно поступательно, параллельно оси устройства (вдоль оси Z), во второй фазе она не может двигаться прямолинейно и соскальзывает внутрь спирального винта при критическом угле наклона устройства β_k , в третьей фазе – движется по винтовой линии при больших значениях $\omega \rightarrow \omega_k$ и угле β , не превышающем угол β_k .

Список

использованных источников

1. **Isaev Y., Semashkin N., Zlobin V.** Regularities of motion of a particle in the spiral-screwed device // E3S Web of Conferences. 2019. С. 00041.
2. **Васильев В.Ф.** Водометные движители // М.: МАДИ (ГТУ). 2006. С. 45.
3. **Воронина М.В., Исаев Ю.М., Семашкин Н.М.** Параметры спирально-винтового транспортера для сыпучих материалов // Фундаментальные исследования. 2007. № 12. С. 262-263.
4. **Груздев И.Э., Мирзоев Р.Г., Яиков В.И.** Теория шнековых устройств. Л.: Ленингр. ун-т, 1978. 144 с.
5. **Гутьяр Е.Я.** Элементарная теория вертикального винтового транспортера // Тр. МИМЭСХ им. В.М. Молотова. М.: Машгиз. 1956. Т. 2. С. 8-12.
6. **Желтов В.П.** Расчет спиральных винтовых конвейеров // Вестник машиностроения. 1975. № 5. С. 18-21.

Theoretical Study and Analysis of a Device for Pickling and Moving Bulk Materials

Yu.M. Isaev, N.M. Semashkin, V.A. Zlobin, E.V. Minibaeva, A.M. Isaeva

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. Theoretical studies of the operation of a device for pickling and moving bulk materials are discussed. A particular analysis of the Lagrange equation for the motion of a particle in a spiral-helical device is described. The images are presented with all forces and velocity vectors acting on a particle from the side of the spiral screw and the inner surface of the device body during its movement. The expression for the angle θ , which characterizes the geometric parameters of the spiral and cylindrical body, as well as the size of the material particles in the device, has been investigated and transformed.

Keywords: Lagrange equation, velocity, particle, bulk material, spiral, pickling.

УДК 62-738

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-25-29

Исследование влияния силовых полей на качество очистки дизельного топлива при эксплуатации мобильных энергетических средств

А.Е. Абрамов,

ст. препод.,
abram-alex@mail.ru

А.В. Морозов,

д-р техн. наук, доц.,
alvi.mor@mail.ru

М.А. Карпенко,

канд. техн. наук, доц.,
mikhailcarpenko@yandex.ru

А.О. Кошкина,

доцент,
falen0008@mail.ru
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Показано влияние силовых полей на качество очистки дизельного топлива при эксплуатации мобильных энергетических средств. Проведены математические исследования на полученных моделях и построены графики зависимостей на напряженности электрического поля $E_{кр}$ от времени сближения частиц загрязнений t , их концентрации C , приведены графики скоростей и ускорений частицы в пространстве.

Ключевые слова: топливо, отказ, очистка, загрязнения, дисперсность.

Постановка проблемы

При эксплуатации мобильных энергетических средств большое значение приобретает проблема качества топлива, в том числе дизельного. Существует четыре группы требований, предъявляемых к дизельным топливам: обеспечение работоспособности двигателя и его систем, условия эксплуатации, технологичность производства и экологичность.

Установлено [1-4], что наиболее вероятной причиной отказов ТНВД и форсунок является применение некачественного топлива – 49%, топлива, не соответствующего сезонности – 12%, а также некачественное выполнение работ по восстановлению работоспособности и ТО – 29%.

Опыт показывает, что применение топлива, не соответствующего стандартам качества, способствует снижению эффективной мощности на 12-17% по сравнению с номинальной и увеличению расхода на 12-25% при снижении производительности работы тракторов на 12-30% [2-6].

При проектировании и производстве дизельной топливной аппаратуры реализуется множество вариантов конструкций и способов очистки топлив [5-8] различного

происхождения. Классификация и анализ эффективности способов очистки даны в различных источниках, например, в работе [2]. Наиболее популярными являются способы, учитывающие комплексное воздействие на среду, например, гравитационное, центробежное и электрическое [9].

Цель исследований – анализ влияния силовых полей на качество очистки дизельного топлива при эксплуатации мобильных энергетических средств.

Материалы и методы исследования

Исследование выполнялось с помощью современных средств компьютерной алгебры MathCad v15 по методикам и алгоритмам математического эксперимента и носило теоретический характер.

Объектом исследования является процесс очистки дизельного топлива как сложной дисперсной системы [4] в комбинации силовых полей. Рядом авторов рассматривались физико-химические свойства топлива [1], влияние загрязнений на режимы эксплуатации топливной аппаратуры [4], были предложены конкретные решения [5], в том числе очистка топлива в комбинации силовых полей [2].

Методика исследований состоит в определении результирующей силы, действующей на частицу загрязнения, времени сближения частиц, напряженности электрического поля при комбинировании силовых полей, скорости движения, ускорения и формы траектории исходной частицы и реализуется при выполнении численного эксперимента средствами MathCad v15.

Результаты исследований и обсуждение

Рассмотрим модель поведения частиц загрязнений дизельного топлива в электрическом поле, представленную на рис. 1.

Увеличение размеров частиц загрязнений дизельного топлива происходит в результате действия электрического поля, которое влияет на снижение их энергетического барьера, поэтому при соударении происходит их слипание. При низкой дисперсности жидких диэлектрических сред явлениями на границе раздела фаз пренебрегают.

На рис. 2а рассматривается механизм взаимодействия частиц с радиусами a_1 и a_2 , которые находятся в однородном электрическом поле напряженностью E на расстоянии $r > a$ друг от друга.

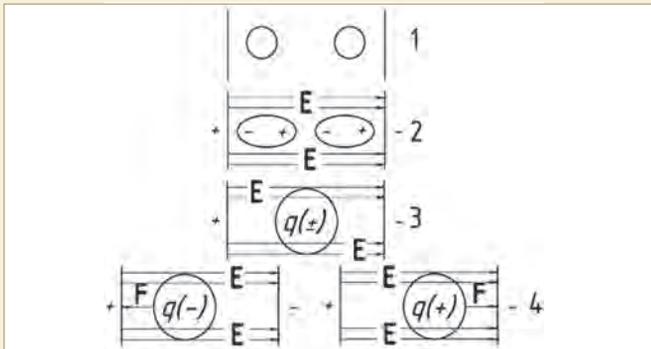


Рис. 1. Механизм поведения частиц загрязнений дизельного топлива в электрическом поле:
 E – напряженность электрического поля, В/м;
 q – суммарный заряд коагулированной частицы, Кл;
 F – сила, действующая на коагулированную частицу со стороны электрического поля, Н

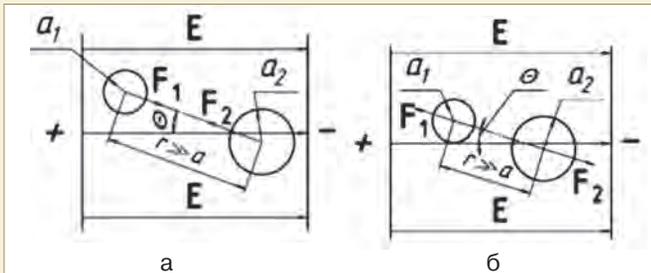


Рис. 2. Механизм взаимодействия частиц загрязнений в электрическом поле:
 а – частицы движутся навстречу друг другу и коагулируются;
 б – частицы удаляются друг от друга и движутся к электродам одинаковых знаков

Система сил, действующая на частицы загрязнений с радиусами a_1 и a_2 в однородном электрическом поле, может быть представлена в следующем виде:

$$F_1 = \frac{3a_1^2 a_2^3 K^2 E^2}{r^4} \times \left[2 \left(1 + \frac{2a_1^3 K}{r^3} \right) \cos^2 \theta - \left(1 - \frac{2a_1^3 K}{r^3} \right) \sin^2 \theta \right]; \quad (1)$$

$$F_2 = \frac{3a_1^2 a_2^3 K^2 E^2}{r^4} \left(2 + \frac{2a_1^3 K}{r^3} \right) \sin \theta \cos \theta, \quad (2)$$

где F_1 и F_2 – силы, действующие на частицы, Н;
 θ – угол между направлением поля и линией, соединяющей центры частиц, град.;

K – дисперсность среды или характеристика ее структуры, м;

ϵ_a, ϵ_i – диэлектрическая проницаемость среды и частиц, Ф;

$\theta = \arctg \sqrt{C}$ – угол между линией действия сил F_1, F_2

и напряженностью поля E ;

C – концентрация загрязнений в топливе, мг/л.

Далее рассмотрим поведение частицы радиуса a (рис. 2б), находящейся на расстоянии r от электрода (при $r \gg a$), на которую действует сила F , равная

$$F = - \frac{3E^2 a^6 K^2}{8r^4} \quad (3)$$

и направленная в сторону ближайшего электрода. Силы F_1 и F_2 снижают энергетику системы, что меняет ориентацию частиц, и происходит их агрегация (укрупнение).

Момент, действующий на пару частиц, ориентирует систему так, что между ними появляется сила притяжения, которая возрастает по мере ее поворота на угол θ . Наиболее интенсивно притягиваются агрегаты, образующиеся с помощью осаждения, что дает возможность выделить всю дисперсную фазу системы за секунды или доли секунд при достаточно большой исходной концентрации частиц C .

Выражение для оценки времени сближения двух частиц, находящихся в жидкой неполярной среде на расстоянии от r_2 до r_1 , выглядит следующим образом:

$$t \cong \frac{2\eta (r_{2np}^5 - r_{1np}^5)}{5\epsilon_0 E^2 K^2}, \quad (4)$$

где η – динамическая вязкость среды, Па·с;

ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, Ф;

r_{1np}, r_{2np} – приведенные расстояния, соответствующие начальному и конечному положению частиц, $r_{np} = \frac{r}{2a}$, м.

При условии соприкосновения поверхностей частиц определим

$$E_{кр} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{2}{5} \frac{\eta}{\epsilon_0 t^3 C^5}} \quad (5)$$

и выполним в преобразование выражения (4), получим:

$$t \cong \frac{2\eta r_{2np}^5}{5\epsilon_0 E_{кр}^2 K^2}. \quad (6)$$

Как видно из выражения (5), значение критической напряженности электрического поля $E_{кр}$ не зависит от радиуса частиц, а только от их концентрации C , выраженной в относительных единицах массы и времени сближения.

В результате математического эксперимента, реализованного с помощью программного пакета Mathcad v15.0, получили зависимость (6) (рис. 3) напряженности электрического поля $E_{кр}$ от времени сближения t двух дисперсных частиц, находящихся в жидкой неполярной среде на расстоянии от r_2 до r_1 и концентрации частиц C в относительных единицах массы.

Из полученного графика видно, что функция $E_{кр}(t, C)$ не имеет выраженных точек экстремума, так как является гиперболической. Оптимальные значения этой функции будут зависеть от ряда условий: частных конструкторских решений, геометрических характеристик электродных систем, а также от комбинирования различных силовых воздействий (полей) на топливо, при этом качество очистки будет обеспечиваться при условии $0 \leq t \leq \frac{Q}{m}$, где Q – расход топлива, кг/с; m – масса дизельного топлива, кг.

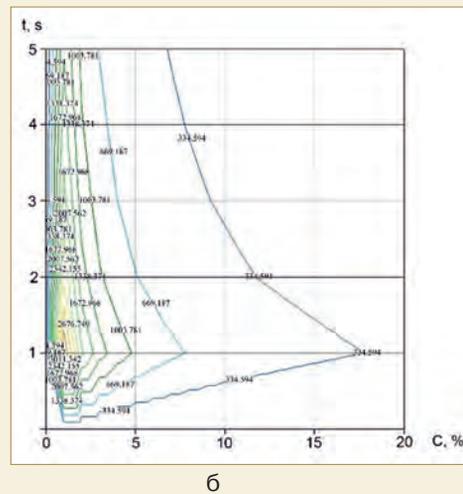
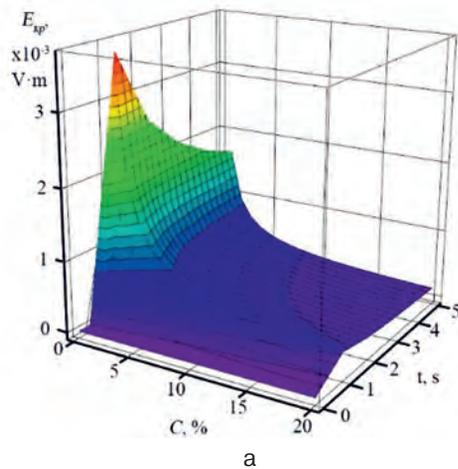


Рис. 3. График зависимости напряженности электрического поля $E_{кр}$ от времени сближения частиц загрязнений t , их концентрации C (а) и его линии уровня (б)

Эффективность очистки зависит от скорости движения и характера течения топлива, напряженности электрического поля, а также от площади поверхности электродов и их геометрических характеристик [4]. Для мобильных машин важна высокая эффективность очистки и компактность обслуживаемых систем, в том числе очистки топлива, поэтому коаксиальные системы электродов предпочтительнее. К достоинствам таких систем можно отнести их компактное расположение, они не создают дополнительного гидравлического сопротивления, возможно получать неоднородные симметричные электрические поля, а также комбинировать различные силовые воздействия на топливную дисперсию в одном устройстве.

Процесс и механизм, объясняющие поведение частиц загрязнений дизельного топлива в неоднородном электрическом поле, можно описать следующим образом.

Диполь с электрическим моментом p (рис. 4) ориентируется вдоль силовых линий под действием момента $\vec{M} = [p\vec{E}]$, а градиент напряженности поля \vec{E} вызывает появление пондеромоторной (движущей) силы $F_{\mathcal{D}} = (\vec{p}\nabla)\vec{E}$.

Эта сила приводит к перемещению более полярной, чем среда, частицы в область большей напряженности поля E_{max} , менее полярной – в зоны с меньшей напряжен-

ностью поля E_{min} , в результате чего происходит изменение энергии поля при внесении в среду с диэлектрической проницаемостью, ϵ_i однородной и изотропной частицы с проницаемостью ϵ_a :

$$\Delta w = \frac{3}{2} \int_V \frac{\epsilon_i (\epsilon_a - \epsilon_i)}{(\epsilon_a + 2\epsilon_i)} \nabla \vec{E}^2 dV, \quad (7)$$

где V – объем частицы, м³.

Взяв первую производную от выражения (7), получим выражение для определения силы, действующей на частицу:

$$F_{\mathcal{D}} = 2\pi a^3 \epsilon_a \epsilon_i \left(\frac{\epsilon_a - \epsilon_i}{\epsilon_a + 2\epsilon_i} \right) \nabla \vec{E}^2. \quad (8)$$

Зная величину силы $F_{\mathcal{D}}$ (8), можно определить величину скорости движения частицы к электроду v_u при условии, что $F_{\mathcal{D}} = F_{cm}$, где $F_{cm} = \eta v_u a$ – сила сопротивления среды (сила Стокса), тогда:

$$v_u = 2\pi \frac{a^2 \epsilon_a \epsilon_i}{\eta} \left(\frac{\epsilon_a - \epsilon_i}{\epsilon_a + 2\epsilon_i} \right) \nabla \vec{E}^2. \quad (9)$$

Полученные выражения (7)-(9) показывают зависимость энергии однородного электрического поля Δw от размера частиц и их концентрации в дизельном топливе.

Для неоднородного электрического поля, образованного системой электродов «коаксиальные цилиндры» (рис. 5) [5], уравнения (7)-(9) примут вид:

$$\Delta w = 12\chi a^3 \frac{K\sqrt{\epsilon_i}U^2}{CR^2 \left(\ln \frac{r_2}{r_1} \right)^2}; \quad (10)$$

$$F_{\mathcal{D}} = 2\pi\chi\epsilon_a\epsilon_i \left(\frac{\epsilon_a - \epsilon_i}{\epsilon_a + 2\epsilon_i} \right) \frac{a^3 U^2}{R^2 \left(\ln \frac{r_2}{r_1} \right)^2}; \quad (11)$$

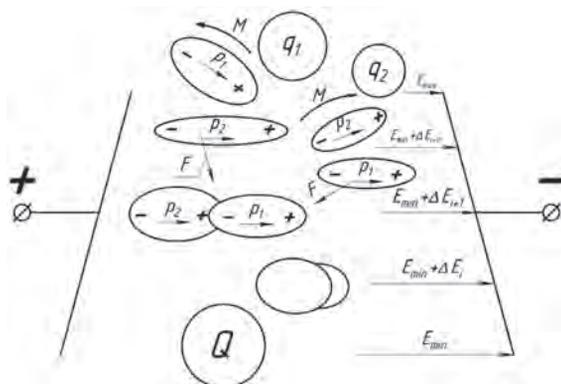


Рис. 4. Ориентация частиц загрязнений в электрическом поле

$$v_a = 2\pi\chi\varepsilon_a\varepsilon_i \left(\frac{\varepsilon_a - \varepsilon_i}{\varepsilon_a + 2\varepsilon_i} \right) \frac{a^2 U^2}{\eta R^2 \left(\ln \frac{r_2}{r_1} \right)^2}, \quad (12)$$

где χ – коэффициент неоднородности электрического поля;
 R – расстояние до частицы загрязнения, м;
 r_1 и r_2 – радиусы центрального и внешнего электродов, м.

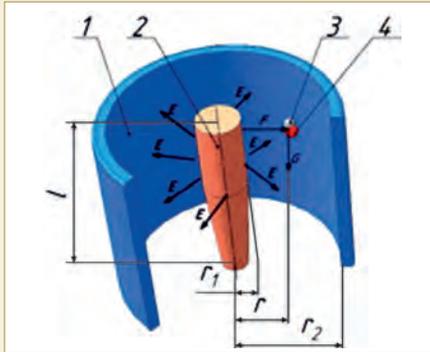


Рис. 5. Геометрические характеристики системы электродов «коаксиальные цилиндры»:
 1 – корпус; 2 – электрод;
 3, 4 – частица загрязнения

Существенной неточностью в полученных выше зависимостях является отсутствие взаимосвязи, отражающей поведение частицы загрязнения в потоке топлива [9], для уточнения модели следует рассмотреть следующую систему сил (рис. 6):

$$\begin{cases} F_{\partial\theta}^x = F_{cm}^x + F_c^x \\ F_{\partial\theta}^y = F_{cm}^y - F_c^y - F_{цб}^y - F_{\mathcal{E}}^y, \\ F_{\partial\theta}^z = F_{cm}^z + F_c^z + (F_a - G) \end{cases} \quad (13)$$

где $F_{\partial\theta}$ – результирующая движущая сила, Н;
 F_c – сила сопротивления движению частицы в среде, Н;
 F_a – сила Архимеда, Н;
 $F_{цб}$ – центробежная сила, Н;
 G – сила тяжести, Н.

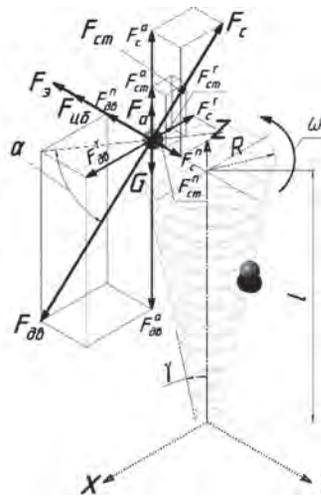


Рис. 6. Система сил, действующих на частицу в потоке топлива

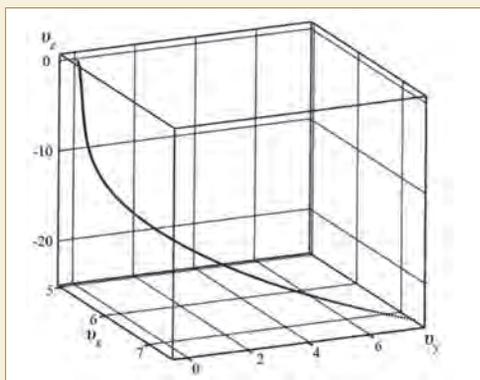
Далее необходимые преобразования (13) выполняются в программе MathCad v15, в результате получим:

$$\begin{cases} \frac{du_x}{dt} = D \cdot g_x \\ \frac{du_y}{dt} = D \cdot g_y - \frac{g_x^2}{R} - \frac{B}{R} \\ \frac{du_z}{dt} = D \cdot g_z^2 + N \end{cases} \quad (14)$$

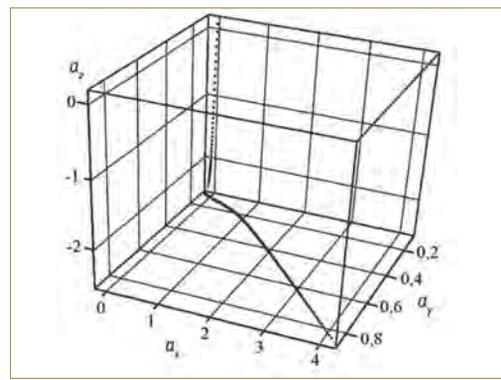
Решив систему (14) с помощью численных методов MathCad v15, получим результат в виде графиков скоростей и ускорений (рис. 7), отображающих поведение частицы в потоке исходного материала.

Анализируя графики, можно заключить, что скорость движения частицы плавно снижается, т.е. происходит ее замедление, ускорение резко падает вдоль оси представленной модели, а затем нарастает по плоскости XY к периферии.

Динамика снижения скорости частицы способствует формированию ее траектории в форме спирали, что позволит в дальнейшем проектировать компактные устройства для очистки топлива и других нефтепродуктов, применяя принцип циклона или вихревой трубы.



а



б

Рис. 7. Графики скоростей v_x, v_y, v_z (м/с) (а) и ускорений a_x, a_y, a_z (м/с²) частицы загрязнения (б)

В дальнейших исследованиях необходимо определить вероятность осаждения частиц с различными физико-химическими свойствами, применяя современные методики моделирования, такие как методы конечных элементов и имитационное моделирование процессов, происходящих в топливной аппаратуре дизельных двигателей.

Выводы

1. В результате проведенного вычислительного эксперимента, реализованного с помощью программного пакета компьютерной алгебры Mathcad v15.0, получена зависимость напряженности электрического поля $E_{кр}$ от времени сближения t двух дисперсных частиц, находящихся в жидкой неполярной среде на расстоянии от r_2 до r_1 , и концентрации частиц C .

2. Разработана модель динамики поведения частицы загрязнения в неоднородном поле, созданном в дисперсной среде системой электродов «коаксиальные цилиндры», и количественно определены движущая сила $F_{Э}$ и скорость ее движения $v_{ч}$. С помощью численных методов MathCad v15 выполнен эксперимент по определению скорости и ускорения частицы, выявлена траектория ее движения с учетом комбинации силовых полей.

Список использованных источников

1. Коваленко В.П. Очистка нефтепродуктов от загрязнения. М.: «Недра», 1990. 160 с.
2. Григорьев М.А., Борисова Г.В. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания. М.: «Машиностроение», 1991. 208 с.
3. Грановский М.Г., Лавров И.С., Смирнов О.В. Электрообработка жидкостей. Л.: «Химия», 1976. 216 с.
4. The cleaning process model of diesel fuel in an electric field / A. Abramov [et. al.] // MATEC Web of Conferences 298, 00095 (2019).
5. Устройство для очистки топлива: пат. 2297548 Рос. Федерация: МПК ⁷ F 02M 37/22 B01D 29/11 / Абрамов А.Е., Си-

доров Е.А.; заявитель и патентообладатель Ульяновская ГСХА. № 2005125999/06; заявл. 15.08.05; опубл. 20.04.07, Бюл. № 23 (II ч.). 3 с.

6. Кошкина А.О., Абрамов А.Е. Исследование процесса очистки технических жидкостей в неоднородном электрическом поле // Достижения техники и технологий в АПК. 2018. С. 134-145.

7. Метод оценки качества топлив при подготовке к сгоранию на мобильных энергетических средствах / А.С. Кадушкин [и др.] // Современная техника и технологии. 2013. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.snauka.ru/2013/02/1558> (дата обращения: 14.09.2021).

8. Исследование влияния параметров электрического поля на эффективность процесса очистки дизельного топлива / А.Е. Абрамов // Современная техника и технологии. 2011. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://technology.snauka.ru/2011/10/52> (дата обращения: 28.09.2021).

9. Обоснование параметров процесса очистки дизельных топлив в неоднородном электрическом поле / А.О. Кошкина [и др.] // Science Time. 2015. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-parametrov-protssessa-ochistki-dizelnyh-topliv-v-neodnorodnom-elektricheskom-pole> (дата обращения: 29.09.2021).

Investigation of the Influence of Force Fields on the Quality of Diesel Fuel Purification During the Operation of Mobile Power Facilities

A.E. Abramov, A.V. Morozov, M.A. Karpenko, A.O. Koshkina
(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. The influence of force fields on the quality of diesel fuel purification during the operation of mobile power facilities is shown, mathematical studies are performed on the models obtained, and graphs of dependences of the parameters of the fuel purification process are built.

Keywords: fuel, failure, purification, pollution, dispersion.



Масличные культуры как ресурсная база для производства биотоплива

Е.А. Сидоров,

канд. техн. наук, доц.,
sidorovevgeniy@yandex.ru

Л.И. Сидорова,

канд. техн. наук, доц.,
lis.ulgau@mail.ru

А.М. Маслов,

магистрант,

Н.С. Калинин,

магистрант,
(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Проведен анализ показателей масличных культур и масел, получаемых из них, характеризующих возможность их использования при производстве биотоплива. Представлены результаты исследования редьки масличной как культуры, являющейся потенциальной ресурсной базой для производства биотоплива. Проведены хроматографические исследования масла, получаемого из редьки масличной, определены его вязкость, плотность и теплотворная способность.

Ключевые слова: биотопливо, возобновляемая энергетика, ресурсосбережение, дизельное смешанное топливо, дизель.

Постановка проблемы

В настоящее время наблюдается повышение роли возобновляемых источников энергии в мировой энергетической системе. Наиболее заметен прогресс в сфере электроэнергетики, что связано с большими успехами в использовании энергии солнца и ветра с опорой на значительный вклад гидроэнергетики. Однако на долю электроэнергетики приходится лишь пятая часть мирового потребления энергии. Большую долю в потреблении занимает транспорт, что делает актуальными исследования, направленные на применение возобновляемых источников энергии в данной сфере для осуществления перехода к более устойчивой энергетической системе.

По данным международного энергетического агентства (МЭА), доля возобновляемых источников энергии в общем объеме потребляемого транспортом в 2018 г. топлива составила около 3,7% (4 ЭДж). При этом большую часть всей потребляемой им возобновляемой энергии (93%) обеспечивает биотопливо. По прогнозам МЭА, до 2024 г. производство биотоплива, применяемого на транспорте, увеличится на 24 % (на 0,9 ЭДж) [1].

В структуре биотоплива большое внимание в настоящее время уделяется использованию гидроочищенного растительного масла (HVO), производство которого, по оценкам экспертов МЭА, составит в 2024 г. 13 млрд л, что в 2 и более раза превышает существующие объемы производства [1].

Рост производства HVO обусловлен несколькими факторами: отсутствием законодательного ограничения на его содержание в смешанных биотопливах (в отличие от этанола), что позволяет создавать смешанное биотопливо с более вариативным соотношением компонентов; хорошими свойствами холодного пуска; низким содержанием ароматических веществ; более низким уровнем загрязняющих веществ, выделяемых в воздух, по сравнению с ископаемым дизельным топливом при использовании в автомобилях со старыми, менее совершенными двигателями.

Около 13,5 млрд л биотоплива, производимого в настоящее время, получено из отходов и остатков сырья, не связанного с растениеводством, в основном это биодизельное топливо и HVO, изготовленное из отработанных жиров, масел и смазок (FOG) [1].

Производство этих видов топлива является технически зрелым, и они

выделяют гораздо меньше парниковых газов, чем ископаемое дизельное топливо. Большая часть биодизельного топлива и HVO, произведенных из ресурсов FOG, поступает из Евросоюза и США, так как там действует политика, направленная на использование биотоплива с очень низкими выбросами CO₂ в течение жизненного цикла.

Если удастся мобилизовать цепочки поставок FOG, то будет обеспечено достаточное количество сырья для расширения производства. Однако его объемы являются ограниченными, поэтому существует постоянный интерес к новым, передовым технологиям производства биотоплива, в которых используется более дешевое и доступное сырье, такое как твердые бытовые отходы и остатки лесного и сельского хозяйства.

Одним из альтернативных видов топлива, которое можно использовать в современных ДВС, является биоминеральное топливо (БМТ), представляющее собой смесь растительного масла (РМ) и дизельного топлива (ДТ) [2]. В настоящее время ведутся исследования, направленные на поиск оптимальной ресурсной базы для производства РМ, которое можно использовать в качестве компонента БМТ [3]. Наиболее исследованы РМ, полученные из таких культур, как рапс, рыжик, сафлор, подсолнечник. Однако по ряду причин есть необходимость в проведении исследований других масличных культур, масла которых могут быть использованы в качестве компонента БМТ, одна из них – редька масличная (РЕД) [4].

Цель исследований – оценка возможности использования в качестве ресурсной базы для производства БМТ масла редьки масличной.

Материалы и методы исследования

В работе исследовались редька масличная и масло, получаемое из нее путем холодного отжима, а также БМТ на его основе. Элементарный состав исследуемых БМТ определялся на базе Пензенского НИИСХ путем проведения хроматографического анализа на хроматографе «Кристалл». Кинематическую вязкость и плотность исследуемых топлив определяли вискозиметром и ареометром.

Результаты исследований и обсуждение

Рапс, являющийся высокоэнергетической культурой, в настоящее время занимает одну из лидирующих позиций в качестве ресурсной базы для производства БМТ. Однако данная культура достаточно требовательна к агротехнологии ее возделывания и климатическим условиям, в частности, она чувствительна к весенним заморозкам и засушливой погоде в период вегетации, а также к грибковым заболеваниям, что негативно характеризует ее по сравнению с другими масличными культурами. Необходимость расширения ресурсной базы для производства БМТ делает актуальной задачу расширения спектра масличных культур, культивируемых с этой целью.

Анализируя данные, представленные в таблице, можно отметить, что редька масличная, по своей урожайности не уступает, а при должной технологии возделывания и превосходит масличные культуры, масла которых активно используются при производстве БМТ.

Масло РЕД имеет вязкость (78,4 мм²/с), сопоставимую с вязкостью масла рапса (75 мм²/с), коэффициент преломления, характеризующий насыщенность масла кислородом, – наибольший из анализируемых масел, йодное число, определяющее склонность масел к испарению, – сопоставимое с маслом подсолнечника. Плотность анализируемых растительных масел имеет сопоставимые значения. Одной из важнейших характеристик масел, применяемых в качестве ресурсной базы для изготов-

Показатели масличных культур и масел, получаемых из них

Показатели	Масличная культура				
	рапс	подсолнечник	сафлор	горчица	редька масличная
Урожайность, т/га	1,4-3,3	1,52-1,67	1,5-2,2	1,3-1,8	1,6-2,4
Масличность, %	40-48	33-57	45-50	33-38	42-46
Коэффициент преломления	1,472-1,476	1,472-1,475	1,471-1,474	1,470-1,474	1,474-1,478
Йодное число	95-118	119-136	138-155	79-115	119-144
Плотность масла при 20°С, кг/м ³	915-930	915-924	915-920	918-925	917-922
Вязкость масла при 20°С, мм ² /с	75	63,6	67,3	68,7	78,4
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	37,17	36,98	36,99	37,49	37,37

ления БМТ, является удельная теплота сгорания (низшая теплота сгорания топлива). Масло Ред по количеству теплоты, выделяемой при его сгорании (37,37 МДж/кг), является лучшим среди рассматриваемых.

Таким образом, в качестве сырья для производства биотоплива в соответствии с концепцией МЭА по использованию в качестве исходного сырья отходов сельскохозяйственного производства подходит такая культура, как редька масличная.

Данная культура широко используется в аграрном производстве в качестве корма для сельскохозяйственных животных, сидеральной и кулисной культуры, является отличным медоносом, а масличность ее семян (на уровне 48-50%) позволяет использовать ее для производства растительного масла.

Редька масличная, являясь прекрасным источником масла, обладает рядом свойств, делающих ее производство рентабельным для аграрных предприятий: при ее выращивании вдвое снижается количество сорняков на участке, в частности, таких, как пырей ползучий; в почве примерно в 1,5-2 раза уменьшается численность вредителей и патогенных микроорганизмов. РЕД – источник минеральных удобрений, так при заделке зеленой массы, выращенной на площади 100 м², в почву поступает около 4 кг аммиачной селитры, 3 кг суперфосфата и 4,5 кг калийной соли.

Отличительной особенностью данной культуры по сравнению с такими распространенными масличными, как рапс, горчица и другие, является хорошая приспособляемость к климату и почве, что позволяет ее успешно культивировать практически на любых почвах. Наличие хорошо развитой корневой системы помогает культуре успешно переносить засуху, а активный рост в начальной фазе вегетации способствует угнетению сорняков. Прорастание семян начинается при температуре около 2-3°С, а при прогревании почвы до 7-8°С появляются дружные всходы, которые хорошо переносят заморозки до -3...-4°С. Взрослые растения устойчивы к более низким температурам.

С целью определения элементарного состава масла РЕД на базе Пензенского НИИСХ был проведен его хроматографический анализ, полученные данные представлены на рис. 1.

В результате хроматографического анализа определено, что основная доля высших жирных кислот (ВЖК) в масле РЕД принадлежит олеиновой, линолевой, α-линоленовой и эруковой кислотам. Суммарное содержание мононенасыщенных ВЖК составило 55%, полиненасыщенных – 36, насыщенных – 9%.

Учитывая возможность применения БМТ с различным соотношением растительного и минерального компонентов, были исследованы БМТ с объемным содержанием масла

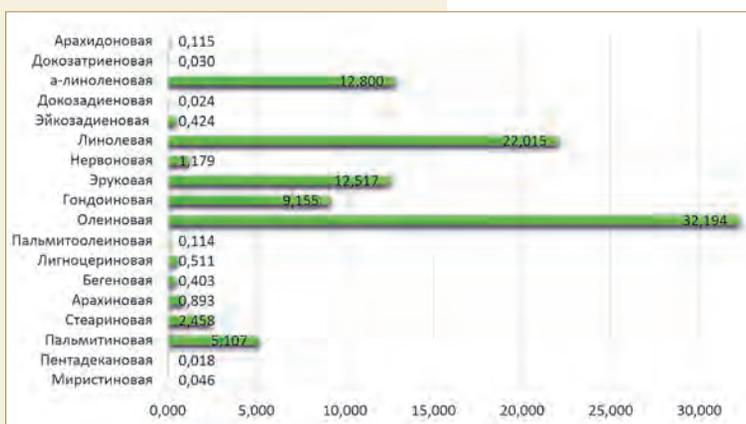


Рис. 1. Элементарный состав масла РЕД

РЕД 25% (БМТ_{25РЕД}), 50% (БМТ_{50РЕД}), 75% (БМТ_{75РЕД}) и 90% (БМТ_{90РЕД}).

Вязкость, плотность и низшая теплота сгорания исследуемых топлив представлены на рис. 2.

Результаты исследований показывают, что масло РЕД в чистом виде имеет значительно более высокие значения плотности и вязкости, чем ДТ. Однако при уменьшении в БМТ доли масла РЕД значения соответствующих показателей приближаются к показателям ДТ. Так, вязкость БМТ_{25РЕД} составляет 23 мм²/с, что в 3,4 раза ниже, чем вязкость масла РЕД (78,4 мм²/с), а плотность БМТ_{25РЕД}, равная 885 кг/м³, на 4% меньше, чем плотность масла РЕД (922 кг/м³). Анализируя удельную теплоту сгорания масла РЕД (37,37 МДж/кг), которая на 11,9% меньше удельной теплоты сгорания ДТ (42,4 МДж/кг), можно отметить, что при уменьшении доли масла РЕД в БМТ происходит рост удельной теплоты сгорания. В частности, у БМТ_{25РЕД} (41,24 МДж/кг) она меньше, чем у ДТ, на 2,8%.

Выводы

1. Редька масличная, имея ряд преимуществ по сравнению с применяемыми в настоящее время в качестве ресурсной базы для производства БМТ масличными культурами, может использоваться в качестве компонента БМТ.

2. Высокие значения плотности и вязкости БМТ на основе масла РЕД требуют проведения дальнейших исследований, направленных на адаптацию системы питания дизелей для работы на исследуемом топливе.

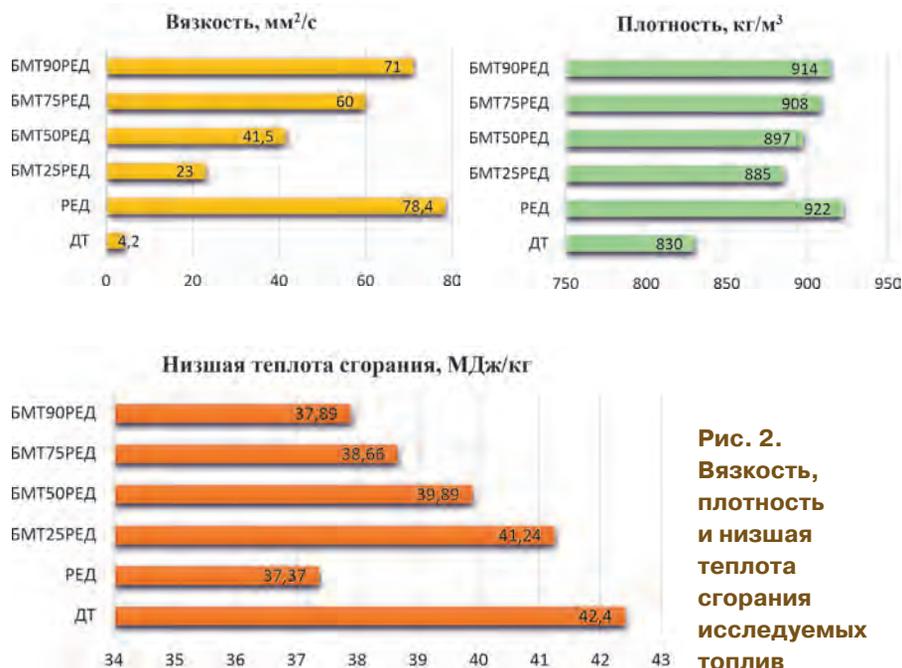


Рис. 2. Вязкость, плотность и низшая теплота сгорания исследуемых топлив

Список

использованных источников

1. IEA (2019), Renewables 2019, IEA, Paris [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2019> (дата обращения: 24.08.2021).
2. Уханов А.П., Уханов Д.А., Шемнев Д.С. Дизельное смешевое топливо: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2012. 147 с.
3. Сидоров Е.А., Уханов А.П., Зеленина О.Н. Оценка жирнокислотного состава растительных масел и дизельных смешевых топлив на основе рыжика, сурепицы и льна масличного // Известия Самарской гос. с.-х. акад. 2013. № 3. С. 49-54.
4. Нетрадиционные биокомпоненты дизельного смешевого топлива: монография. / А.П. Уханов [и др.]. Пенза: РИО ПГСХА, 2013. 113 с.

Oilseeds as a Resource Base for Biofuel Production

E.A. Sidorov, L.I. Sidorova, A.M. Maslov, N.S. Kalinin

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. The indicators of oilseeds and oils obtained from them characterizing the possibility of their use in the production of biofuel are analyzed. The results of the study of oilseed radish as a crop, which is a potential resource base for biofuel production, are presented. Chromatographic studies of the oil obtained from oilseed radish are performed, and its viscosity, density and calorific value are determined.

Keywords: biofuel, renewable energy, resource saving, mixed diesel fuel, diesel.

УДК 631.431

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-33-35

Влияние условий эксплуатации на изменение параметров износа сопряжений ДВС

М.А. Карпенко,

канд. техн. наук, доц.,

mikhailcarpenko@yandex.ru

А.В. Морозов,

д-р техн. наук, доц.,

alvi.mor@mail.ru

Г.В. Карпенко,

канд. техн. наук, доц.,

karpenko.galina@yandex.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Рассмотрены и проанализированы закономерности износа сопряжений двигателей внутреннего сгорания, эксплуатируемых в различных условиях. Получены закономерности износа сопряжений деталей в процессе технической эксплуатации автомобиля. Определены коэффициенты корреляции, соответствия полученных закономерностей износа экспериментальным данным. По результатам исследований определено, что при междугородних перевозках по сравнению с перевозками в населенных пунктах интенсивность изнашивания была ниже: у гильз цилиндров – на 47,7 %, поршневых колец – на 45,8 %, шатунных вкладышей – на 40,12 %, шеек коленчатого вала – на 39,2 %. Результаты исследований можно применить при расчетах ресурсов соединений в сборочных единицах машин.

Ключевые слова: испытания, ресурс, качество, износ, эффективность, двигатель внутреннего сгорания.

Постановка проблемы

Повышение долговечности деталей или оптимальное использование ресурса агрегата невозможно без знания закономерностей изменения технического состояния сопряжений, основной характеристикой которого является кривая износа [1]. Научно обоснованная закономерность износа деталей в сочетании с высокоточными методами определения их состояния дает возможность сократить затраты на обеспечение работоспособного состояния сборочных единиц машин.

При технической эксплуатации автомобилей в заданных условиях работы и определенных физико-химических характеристиках среды и материала необходимо учитывать влияние давления, скорости относительного перемещения деталей, температуры поверхности трения и тем самым влиять на интенсивность поверхностного разрушения [2, 3].

Цель исследований – определение влияния условий эксплуатации на изменение параметров закономерности износа сопряжений двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Материалы и методы исследования

Двигатели модели УМЗ-421 применяются на автомобилях УАЗ-3303, УАЗ-2262 и их модификациях. Наблюдение за эксплуатацией автомобилей с данными двигателями и накопление информации об их пробеге и техническом состоянии проводились на транспортных предприятиях Ульяновской области. Информация о пробеге и техническом состоянии машин и их двигателей фиксировалась в журналах наблюдений. Испытания проводили по методике в соответствии с ГОСТ Р 53843-2010 [4, 5].

Нагрузка на поверхности трения сборочных единиц зависит от многих факторов, таких как уровень внешней нагрузки и мера износа сопряженных деталей [6, 7].

Износ S за весь пробег l с начала эксплуатации составит:

$$S = S'_0 + \Delta S = S'_0 + S'_0(e^{bl} - 1) = S'_0 S e^{bl}, \quad (1)$$

где S'_0 – зазор в сопряжении в конце приработки, м; ΔS – износ кольца после окончания приработки, м; b – коэффициент интенсификации износа после окончания приработки, характеризующий увеличение интенсивности изнашивания на единицу износа, ч⁻¹; l' – пробег после окончания приработки, тыс. км.

Интенсивность изнашивания цилиндра в зависимости от его диаметрального износа после окончания приработки изменяется линейно:

$$\alpha = \alpha_0 - b\Delta S, \quad (2)$$

где α_0 – интенсивность изнашивания узла сопряжения в конце приработки, м/ч.

Аналитическую зависимость износа цилиндра от пробега l автомобиля можно получить так же, как и для динамически нагруженных сопряжений. В конечном итоге она примет вид:

$$\Delta S = \frac{\alpha_0}{b}(1 - e^{-bl}). \quad (3)$$

Результаты исследований и обсуждение

После окончания приработки кривая износа гильзы может быть практически линейной [8, 9] (табл. 1).

Исходя из приведенных данных, скорость изнашивания α_1 особенно снижается в период приработки, а затем ее уменьшение менее значительно.

Зависимость интенсивности изнашивания поршневого кольца от величины его износа нелинейная [10]:

$$\alpha = \alpha_0 - b' \Delta S + c \Delta S^2,$$

где b' , c – коэффициенты.

Если несколько упростить зависимость интенсивности изнашивания от износа, свести ее к линейной, то зависимость износа поршневого кольца от пробега автомобиля $\Delta S = \frac{\alpha_0}{b} (1 - e^{-bl})$ будет аналогична зависимости износа цилиндра (см. формулу (3)). Интенсивность изнашивания в зависимости от пробега экспоненциально убывает: $\alpha = \alpha_0 e^{-bl}$.

В результате математических преобразований можно утверждать, что интенсивность изнашивания поршневого кольца по высоте увеличивается, а по радиальной толщине уменьшается в процессе эксплуатации экспоненциально, а в зависимости от износа поршневого кольца – линейно. Поэтому и аналитическая форма кривой износа будет разной после окончания приработки. В динамически нагруженном сопряжении кольцо – канавка поршня зазор увеличивается экспоненциально (рис. 1), а в сопряжении цилиндр – поршневое кольцо – более медленно (рис. 2). На ограниченных участках пробега зависимость износа сопряжения цилиндр – поршневое кольцо (рис. 3), гильзы и поршневого кольца по радиальной толщине можно принять практически линейной [11, 12].

Таким образом, поскольку в сопряжениях двигателя по мере износа деталей после окончания приработки давление на поверхности трения или увеличивается, или уменьшается, или практически остается постоянным, то при неизменных условиях трения после окончания приработки кривая износа может быть трех типов, из которых линейная является частным случаем. Критерием определения типа кривой износа является вид зависимости изменения давления на поверхности трения детали от износа сопряжения. Эта зависимость и является критерием классификации закономерностей износа деталей двигателя и других агрегатов автомобиля [13].

Поскольку параметры закономерности износа деталей зависят от конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, то в процессе эксплуатации агрегата заданной конструкции и технологии изготовления на параметры влияют только физико-химические свойства среды и условия нагружения.

Применительно к автомобилю самые благоприятные условия работы двигателя – при междугородних перевозках, наиболее тяжелые – в населенных пунктах, что влияет на интенсивность изнашивания деталей.

Увеличение износа S деталей сопряжения гильза – первое поршневое кольцо после окончания приработки двигателя автомобиля можно аппроксимировать линейной зависимостью

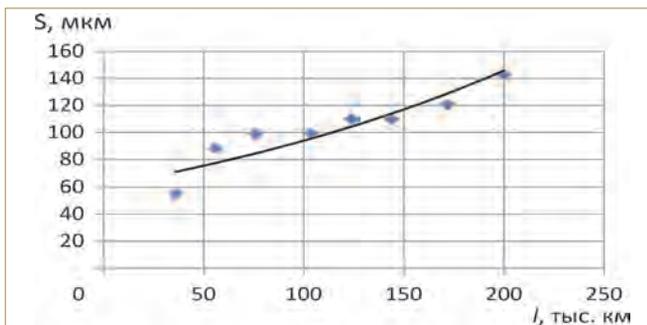


Рис. 1. Зависимость зазора S в сопряжении кольцо – канавка поршня от пробега автомобиля

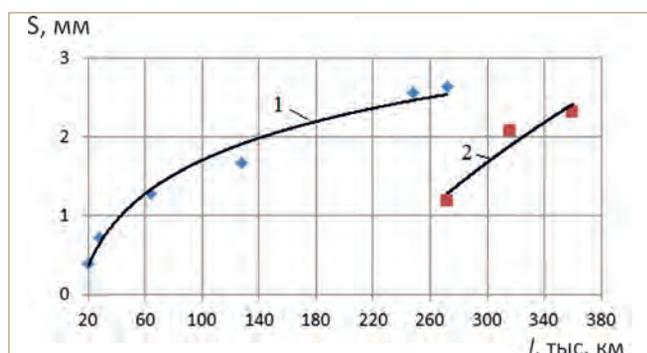


Рис. 2. Зависимость износа сопряжения цилиндр – поршневое кольцо (по изменению зазора S в стыке кольца) от пробега l автомобиля:

- 1 – до замены поршневых колец;
- 2 – после замены поршневых колец

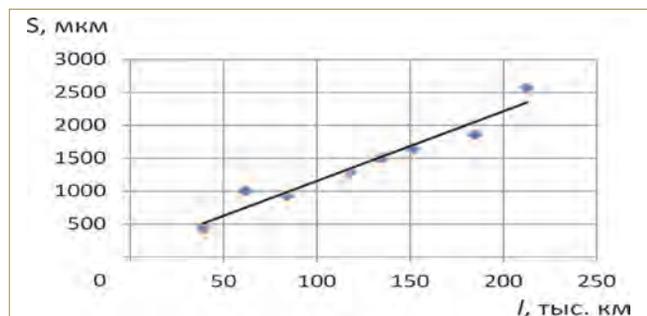


Рис. 3. Зависимость износа сопряжения цилиндр – поршневое кольцо (по изменению зазора в стыке S) от пробега l автомобиля

Таблица 1. Износ и скорость изнашивания гильзы α_1 цилиндра в зависимости от продолжительности работы двигателя

Продолжительность работы, тыс. ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Износ, мкм	80	130	165	190	210	230	250	270	285	300
α_1 , мкм/ 10^3 ч	50	35	25	20	20	20	20	15	15	15
Продолжительность работы, тыс. ч	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Износ, мкм	315	330	345	360	370	380	385	390	400	410
α_1 , мкм/ 10^3 ч	15	15	15	10	10	5	5	10	10	10

$$S = S_0 + \alpha l,$$

где S_0 – износ детали после окончания приработки, мкм;

α – интенсивность изнашивания детали, мкм/тыс. км;

l – пробег, тыс. км.

Закономерности износа деталей двигателя в условиях междугородних перевозок и перевозок в населенных пунктах можно проследить по данным табл. 2.

Таблица 2. Параметры закономерности износа (в числителе – междугородние перевозки, в знаменателе – перевозки в населенных пунктах)

Параметры	Детали сопряжения	
	гильза	поршневое кольцо
S_0 , мкм	1,05/1,76	3,97/9,51
α , мкм/тыс. км	0,742/1,42	0,688/1,27
r	0,918/0,968	0,921/0,825

Примечание. r – коэффициент корреляции.

Закономерность увеличения износа деталей кривошипно-шатунной группы экспоненциальная:

$$S = S_0 e^{-bl},$$

где b – коэффициент интенсификации износа.

Параметры закономерности износа деталей этих же двигателей в тех же условиях перевозок (междугородние/в населенных пунктах) приведены в табл. 3.

Интенсивность изнашивания в конце приработки деталей кривошипно-шатунной группы двигателя (междугородние перевозки / перевозки в населенных пунктах), приведенная к началу координат, составляет: у шатунных вкладышей – 0,106/0,177 мкм/тыс. км, у шеек коленчатого вала – 0,0478 / 0,0786 мкм/тыс. км.

Таблица 3. Закономерности износа деталей двигателей (междугородние перевозки / перевозки в населенных пунктах)

Параметры	Детали сопряжения	
	шатунные вкладыши	шатунные шейки
S , мкм	27,66/34,16	11,38/12,06
b , тыс. км ⁻¹	0,0038/0,0052	0,0042/0,0061
r	0,777/0,822	0,881/0,972

Выводы

1. Как видно из приведенных выше данных, закономерности износа деталей двигателя автомобиля в большой степени зависят от условий эксплуатации. По результатам исследований было определено, что при междугородних перевозках по сравнению с перевозками в населенных пунктах интенсивность изнашивания была ниже: у гильз цилиндров – на 47,7 %, поршневых колец – на 45,8, шатунных вкладышей – на 40,12, шеек коленчатого вала – на 39,2 %.

2. Судя по коэффициенту корреляции, соответствие полученной закономерности износа экспериментальным данным очень высокое (коэффициент корреляции – 0,8-0,9 и более). Впоследствии результаты исследований

можно применить при расчетах ресурсов соединений в сборочных единицах машин.

Список использованных источников

1. **Авдонькин Ф.Н.** Оптимизация изменения технического состояния автомобиля. М.: Транспорт, 1993. 350 с.
2. Changes in the microgeometry of a rolling contact / Y.C. Tazan [et al.] // Tribology International. 40, 2007. Pp. 672-679.
3. Повышение технико-экономических показателей двигателей при проведении обкатки после ремонта / М.А. Карпенко [и др.] // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2017. № 4. С. 184-188.
4. **ГОСТ Р 53843-2010.** Национальный стандарт Российской Федерации. Двигатели автотранспортных средств. Кольца поршневые. Технические требования и методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2011. 38 с.
5. **Марьин Д.М., Хохлов А.Л., Глущенко А.А.** Теоретические предпосылки к снижению интенсивности изнашивания рабочих поверхностей поршневой канавки поршня ДВС // Наука и мир. 2015. Т. 1. № 11. С. 75-77.
6. **Нечаев Е.П.** Безразборный контроль интенсивности изнашивания деталей цилиндропоршневой группы дизелей // Вестник МГТУ. Труды Мурманского ГТУ. 2013. Т. 16. № 4. С. 771-776.
7. New cylinder liner surfaces for low oil consumption / S. Johansson [et al.] // Tribology International. 41, 2008. Pp. 854-859.
8. Исследование в определении остаточного ресурса двигателя при эксплуатации / Р.М. Галиев [и др.] // Транспортное дело России. 2019. № 2. С. 121-124.
9. **Савенок Л.И., Брезгунов Г.В.** Предпосылки к улучшению качества приработки деталей цилиндропоршневой группы двигателя // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2020. № 1. С. 119-123.
10. **Коченов В.А., Грунин К.Е.** Повышение долговечности и износостойкости деталей трибосопряжений ДВС путем изменения их конструктивных особенностей // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 8. С. 47-52.
11. **Морозов А.В., Федотов Г.Д., Мушарапов Д.Р.** Результаты стендовых испытаний на износостойкость прямоочных подвижных шлицевых соединений после упрочнения электрохимической закаткой // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2019. № 2 (46). С. 19-23.
12. **Королев А.Е.** Влияние погрешностей формы деталей на износ сопряжений двигателей // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 3. С. 45-48.
13. **Карпенко М.А., Глущенко А.А., Карпенко Г.В.** Определение качества холодной обкатки по изменению потерь мощности на трение // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2019. № 2. С. 14-18.

Influence of Operating Conditions on Changes in Wear Parameters of ICE Mating

M.A. Karpenko, A.V. Morozov, G.V. Karpenko
(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. Regularities of wear of mating of internal combustion engines operated in different conditions are discussed and analyzed. Regularities of wear of part mating in the process of technical operation of a motor vehicle are obtained. The correlation coefficients and the correspondence of the obtained regularities of wear to the experimental data have been determined. According to the research results, it was determined that during intercity transportation compared to transportation in settlements, the wear rate was lower by 47.7 % for cylinder liners, by 45.8 % for piston rings, by 40.12 % for connecting rod bearings and by 39.2 % for crankshaft necks. The research results can be applied when calculating connection resources in assembly units of machines.

Keywords: tests, resource, quality, wear, efficiency, internal combustion engine.

Улучшение динамических характеристик прецизионных токарных станков, используемых при ремонте сельскохозяйственной техники

Д.Е. Молочников,
канд. тех. наук, доц.,
denmol@yandex.ru

Р.Ш. Халимов,
канд. тех. наук, доц.,

Н.П. Аюгин,
канд. тех. наук, доц.,
nikall85g@yandex.ru

И.Р. Салахутдинов,
канд. тех. наук, доц.,
ilmas73@yandex.ru

С.А. Яковлев,
канд. тех. наук, доц.,
jakseal@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Рассмотрена модель узла трения токарного станка в виде тонкого слоя материала сотовой структуры для определения динамических характеристик подвижного стыка «направляющие – суппорт». Проведен анализ математической модели трения для различных пар скольжения при варьировании нагрузки и скорости скольжения. Показано, что наличие абразивной примеси в смазке направляющих усиливает влияние низкочастотной составляющей колебаний суппорта на динамику станка, а наличие карманов для удержания смазки в стыке направляющих позволяет уменьшить амплитуду продольных колебаний суппорта до 30-50%.

Ключевые слова: токарный станок, ремонт, шпиндель, виброустойчивость, суппорт.

Постановка проблемы

Одной из ключевых операций, выполняемых при проведении ремонта сельскохозяйственных машин, является токарная обработка, цель которой – придание правильной геометрической формы детали перед

проведением технологического процесса ее восстановления. От качества выполнения данной операции во многом зависит ресурс самой детали или агрегата в целом. В свою очередь, качество выполнения токарной операции во многом зависит от состояния токарного станка и его характеристик, таких как точность, жесткость и виброустойчивость.

В опубликованных ранее работах [1, 2] выявлена разбалансированность динамических характеристик у отдельных серийных моделей токарных станков, связанная с конструктивными особенностями основных узлов упругой системы, кинематической структурой, мощностью привода главного движения, характеристиками трения в направляющих скольжения и общей компоновкой станков, из чего следует необходимость решения задачи комплексного динамического синтеза и оптимизации конструкции станков на основе модульных принципов [3].

Цель исследований – оптимизация динамических характеристик прецизионных токарных станков, используемых при ремонте сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы исследования

Для определения виброустойчивости токарного станка используют расчет предельной интегральной ее характеристики в рабочем пространстве станка [4], учитывающий состояние упругой системы и динамические характеристики заготовки, кинематику привода станка, его мощность и крутящий момент [5].

На предприятиях в процессе производства токарных станков широко

используется методика оценки виброустойчивости [6], предусматривающая их динамические испытания с применением жесткой заготовки (согласно ГОСТ 18097, для станков с $D_{нб} = 320$ мм диаметр заготовки равен 80-90 мм). Такое положение вполне оправдано, так как позволяет исключить существенное влияние заготовки на результат, т.е. влияние ее динамических параметров на динамическое состояние «станочной» части упругой системы.

Наиболее остро проблема оптимизации динамики токарного станка ощущается при обработке гибких заготовок. Если при обработке жесткой заготовки график предельной интегральной характеристики виброустойчивости в рабочем пространстве значительно «выравнивается», в идеале превращаясь почти в горизонтальную линию, то при обработке гибкой заготовки он существенно изменяется, образуется глубокий провал на значительном участке рабочего пространства станка, придавая кривой параболический вид. Этот провал тем значительнее, чем менее сбалансирована по своим динамическим показателям упругая система станка.

Результаты исследований и обсуждение

Руководствуясь методологией исследования сложных систем по частям (диакоптика), в процессе модульной оптимизации станка выявлены технические решения, обеспечивающие соизмеримые между собой величины динамической жесткости, например, для шпиндельной (расчетная амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) шпиндельной

бабки станка УТ-16 по программе ANSYS представлена на рис. 1) и задней бабок из многочисленных разработанных и апробированных технических решений. Конструктивные изменения внесены в основные узлы станка модели УТ16ПМ.

Исследованиями установлено [5], что при повышении сдаточных норм жесткости задней бабки станка УТ16ПМ при обработке гибкой заготовки на 12-17%, удается поднять на графике нижнюю расчетную границу предельной глубины резания (в 4 раза). Выявлена закономерность, указывающая на то, что эффективность обработки гибкой заготовки существенно улучшается при проведении оптимизации станка по его динамическим показателям. Значительно уменьшается значение предельной интегральной характеристики виброустойчивости, поэтому в технологических расчетах, например, при определении мощности двигателя привода главного движения можно без ущерба в расчетах использовать ее минимальное значение на графике [6] в средней части рабочего пространства станка.

При обработке гибкой заготовки технологическая система более чувствительна и требует проведения на раннем этапе проектирования более качественной оптимизации конструкции станка по динамическим показателям. Это подтвердили дальнейшие исследования, результаты которых приводятся ниже и из которых следует, что такая модульная оптимизация

позволяет поднять «порог» ограниченный и, соответственно, использовать более интенсивные режимы резания.

Слабым звеном в рассматриваемой технологической системе является суппорт. Колебания суппорта с резцом на холостом ходу и при резании доминируют в общем колебательном процессе технологической системы. Устойчивое перемещение его в продольном направлении зависит в большей степени от жесткости привода и каретки, состояния пары трения «каретка – направляющие станины», ее смазки и демпфирующих свойств. Улучшение характеристик трибосопряжений должно осуществляться в тесной взаимосвязи конструкторских, технологических, триботехнических решений. Соответственно, в конструкцию базовой модели токарного станка УТ-16 и его модификаций внесены следующие изменения: повышена жесткость суппорта; предусмотрено применение новой технологии, обеспечивающей образование на направляющих станины регулярного микрорельефа (РМР) поверхности [7-9]. На направляющих каретки суппорта предлагается создавать специальные карманы для смазки их зеркала в сочетании с РМР поверхности станины, которые удерживают в зоне зеркала направляющих дополнительные объемы смазки, обеспечивающие снижение трения при перемещении суппорта по ним. Существенное улучшение динамических характеристик узла может быть реализовано за счет модифициро-

вания структуры металла станины, т.е. изготовления ее из перлитного чугуна с вермикулярным графитом марки ЧВГ 30 согласно ГОСТ 28394-89. Важным является оптимизация структуры, в частности, снижение размеров зерен чугуна для повышения его демпфирующих свойств. [5].

Модель подвижного стыка (рис. 2) выполнена в виде двух одинаковых коробчатых конструкций ячеистой структуры.

Геометрические размеры данной модели в указанных плоскостях полностью соответствуют реальным размерам стыка станка. Параметр z модели равен 1 мм, толщина стенки $s - 0,02$ мм. В итоге получены новые интегральные зависимости при трении скольжения со смазкой, для которой предусмотрены технологические лунки на поверхности направляющих, в виде соответствующих расчетных АФЧХ динамической системы станка.

Результаты следует использовать при новом проектировании прецизионных станков и разработке технологии изготовления прецизионных деталей. Борьба за устойчивость резания ведет к повышению качества обработки. Данные исследования позволяют выбрать оптимальные режимы резания с учетом действующих ограничений по виброустойчивости.

Данное исследование в совокупности с исследованиями, проведенными авторами [1-3], решает задачу расчетной модульной оптимизации динамической системы прецизионного токарного станка.

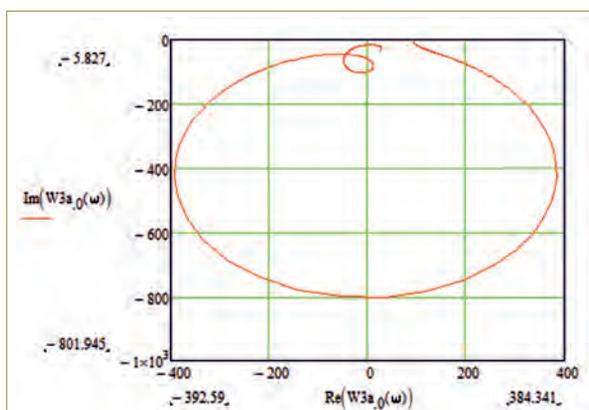


Рис. 1. АФЧХ для базового шпиндельного узла станка УТ-16

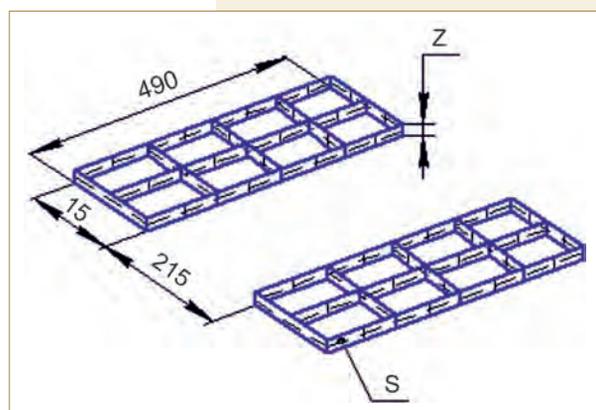


Рис. 2. Геометрическая модель подвижного стыка «направляющие – суппорт»

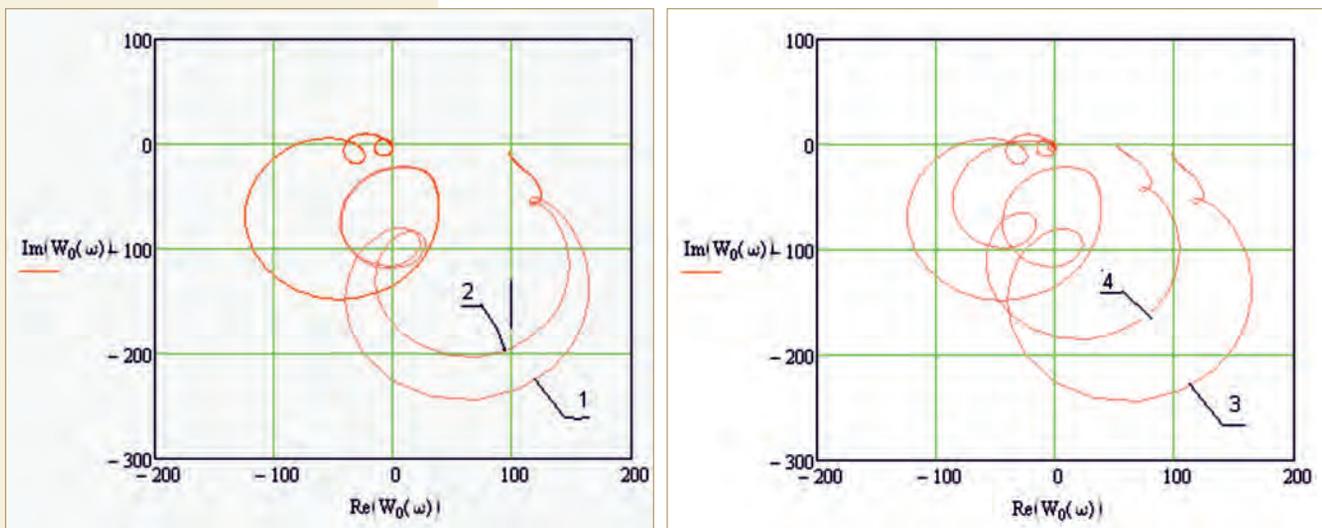


Рис. 3. Амплитудно-фазовая частотная характеристика токарного станка УТ-16В при различных вариантах исполнения стыка «направляющие – каретка суппорта» с чистой смазкой, полученная в программе Mathcad:
 1 – чугун (ЭМО)-чугун; 2 – чугун (ЭМО)-чугун (карманы); 3 – чугун-фторлон; 4 – чугун (карманы)-фторлон

Для сопоставления и проверки адекватности расчеты несущей системы станка выполнены двумя методами – в программном комплексе ANSYS и по оригинальным программам в системе Mathcad.

На рис. 3 представлены расчетные АФЧХ станка для различных сочетаний материалов, термообработки, смазки пар трения, которые в совокупности позволяют снизить амплитуду колебаний, повысить устойчивость и точность перемещения суппорта.

Наличие абразивной примеси в смазке направляющих усиливает влияние низкочастотной составляющей колебаний суппорта на динамику станка. В то же время наличие карманов для удержания смазки в стыке

направляющих позволяет уменьшить амплитуду продольных колебаний суппорта до 30-50%. Карманы для смазки на направляющих способствуют повышению виброустойчивости станков при резании.

Расчеты АФЧХ вариантов конструкции были выполнены с использованием программного комплекса ANSYS и оригинальных конкурирующих с ним программ расчета устойчивости при резании токарных станков, созданных под руководством проф. Ю.Н. Санкина. Отдано предпочтение последнему программному продукту, выигрывающему в простоте пользования и эффективности. При сравнении результатов расчета установлена идентичность графиков

соответствующих АФЧХ (см. совмещенные графики АФЧХ станка УТ-16В на рис. 4) в части значений низких резонансных частот, но амплитуды при резонансе отличаются на 10-12%, т.е. в пределах установленной допустимой погрешности.

Результаты расчета подтверждаются ранее проведенными экспериментальными исследованиями [2]. С учетом рассчитанных АФЧХ определены параметры длины и критической глубины резания (t) обрабатываемой заготовки в зависимости от коэффициента b наклона статической скоростной характеристики трения. Отмечено повышение предельной глубины резания при направляющих станины с PMP поверхности (рис. 5). Расчетное значение критической глубины резания становится более значительным в случае проведения динамической оптимизации станка, особенно при обработке гибких заготовок, для которых наиболее эффективным является дополнительное применение автоматических балансировочных устройств.

Точность обработки торцевых поверхностей на данном станке также повышена при внедрении конструкции суппорта по изобретению [7]. Применение динамического гасителя колебаний суппорта позволило снизить их амплитуду при перемещении на холостом ходу в 2-2,5 раза.

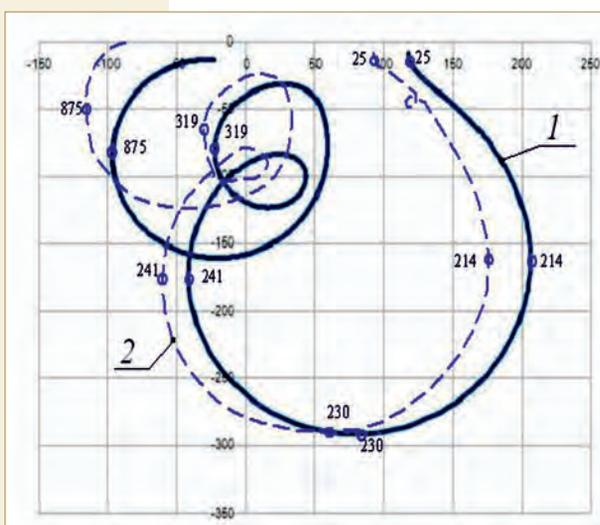


Рис. 4. Совмещенные АФЧХ станка УТ-16В для пары «чугун (ЭМО)-чугун»:
 1 – кривая, полученная в ANSYS;
 2 – кривая, полученная в Mathcad

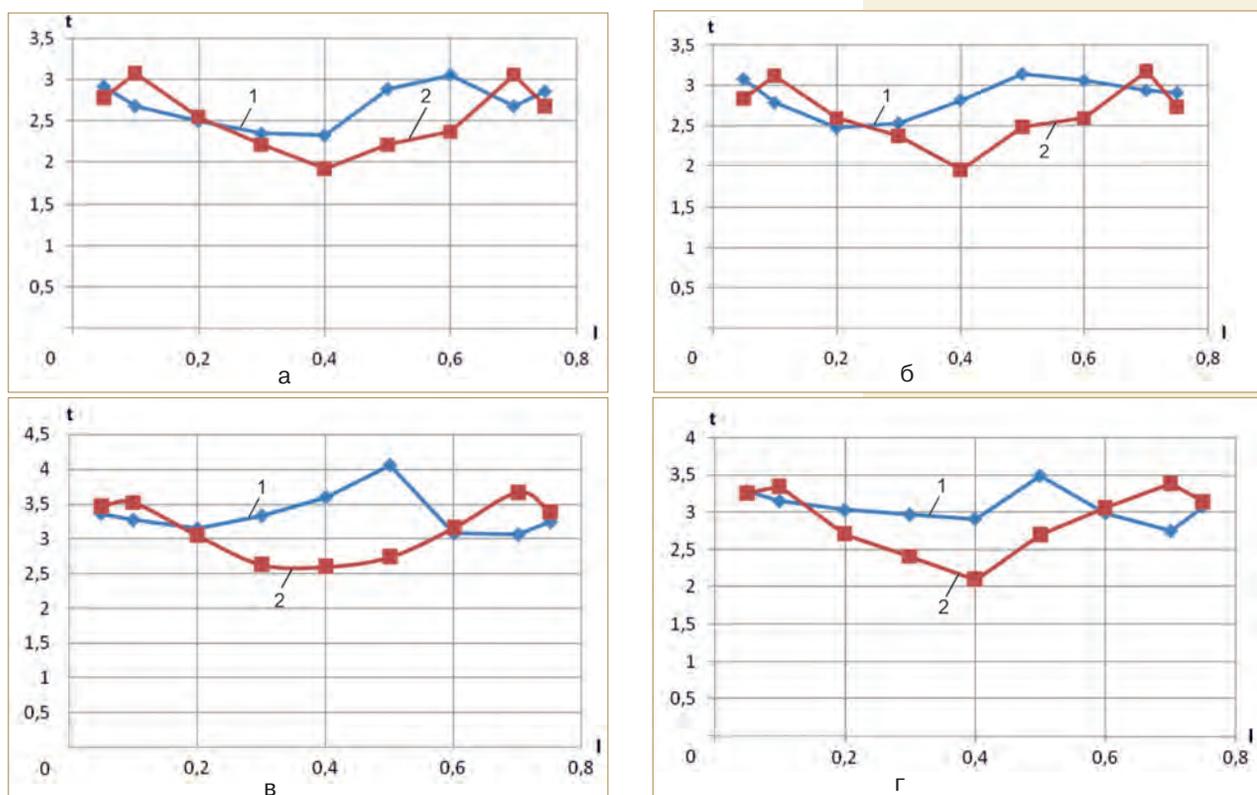


Рис. 5. Расчетные значения критической глубины резания в зависимости от длины заготовки:

1 – диаметр заготовки 80 мм; 2 – диаметр заготовки 40 мм; а – С420(ЭМО) – Ф4К15М5; б – С420 (ЭМО) – С420; в – С420 (ЭМО+карманы) – Ф4К15М5; г – С420 (ЭМО+карманы) – С420

Выводы

1. В ходе проведенных исследований была изучена модель узла трения токарного станка в виде тонкого слоя материала сотовой структуры для определения динамических характеристик подвижного стыка «направляющие – суппорт». Результаты исследований позволили проанализировать математическую модель трения для различных пар скольжения при варьировании нагрузки и скорости скольжения.

2. Наличие абразивной примеси в смазке направляющих усиливает влияние низкочастотной составляющей колебаний суппорта на динамику станка, а наличие карманов для удержания смазки в стыке направляющих позволяет снизить до 30-50% амплитуду его продольных колебаний.

Список

использованных источников

1. Кочинев Н.А., Жиганов В.И. Ограничение производительности резания на токарном станке // Станки и инструмент. 1986. № 7. С. 27-28.

2. Жиганов В.И. Повышение технического уровня прецизионных токарных

станков по их виброустойчивости: дисс. ... канд. техн. наук. Ульяновск 1995. 184 с.

3. Способ оценки виброустойчивости металлорежущих станков: пат. 2110367 Рос. Федерация: МПК В 23 В 1/00, В 23 В 35/00 / Жиганов В.И., Жиганов С.В.; заявитель и патентообладатель «Ульяновский машиностроительный завод». № 96112386/02; заявл. 25.06.96; опубл. 10.05.98, 2 с.

4. Жиганов В.И. Концепция динамической модульной оптимизации при создании прецизионного токарного станка // СТИН. 2005. № 6. С. 7-9.

5. Определение динамических характеристик подвижных стыков машин / А.Н. Зазуля [и др.] // Наука в центральной России. 2018. № 5. С. 11-17.

6. Кирилин Ю.В., Еремин Н.В. Особенности моделирования стыков базовых деталей станков // СТИН. 2007. № 9. С. 7-11.

7. Результаты лабораторно-экспериментальных исследований образцов материалов по схеме трения «вал – неполный вкладыш» после электрохимической обработки / А.Н. Зазуля [и др.] // Наука в центральной России. 2019. № 3. С. 101-108.

8. Санкин Ю.Н., Жиганов В.И., Козловский А.В. Передаточные функции узлов на направляющих скольжения // СТИН. 1994. № 4. С. 15-17.

9. The improvement of the technique for determining technical condition of repair and maintenance equipment / D. Molochnikov [et. al.] // E3S Web of Conferences. VIII Internatio-

nal Scientific and Practical Conference «Innovative technologies in science and education», 08006 (2020).

Improving the Dynamic Characteristics of Precision Lathes Used in the Repair of Agricultural Machinery

D.E. Molochnikov, R.Sh. Halimov, N.P. Ayugin, I.R. Salakhutdinov, S.A. Yakovlev

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. A model of a friction unit of a lathe in the form of a thin layer of material of a honeycomb structure is described to determine the dynamic characteristics of a movable carriage to guide joint. The analysis of the mathematical model of friction for different sliding pairs with varying load and sliding speed is performed. It is shown that the presence of an abrasive impurity in the lubrication of the guide enhances the effect of the low-frequency component of the carriage vibrations on the dynamics of the machine tool and the presence of pockets for retaining the lubricant in the joint of the guide makes it possible to reduce the amplitude of the longitudinal vibrations of the carriage to 30-50 %.

Keywords: lathe, repair, spindle, vibration resistance, carriage.

Влияние параметров технологического режима микродугового оксидирования на формирование толщины и пористости оксидного покрытия

А.Л. Хохлов,

д-р техн. наук, проф.,
chochlov.73@mail.ru

Д.М. Марьин,

канд. техн. наук, доцент,
marjin25@mail.ru

А.А. Хохлов,

канд. техн. наук, доц.,
khokhlov.73@mail.ru

(ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Рассмотрен процесс формирования оксидного покрытия (упрочняющее и теплоизолирующее) на рабочих поверхностях головки (днище и поршневые канавки) поршня методом микродугового оксидирования (МДО). Отмечено, что в процессе оксидирования головки поршня режимные параметры МДО будут оказывать значительное влияние на толщину и пористость формируемого оксидного покрытия. Представлены теоретические зависимости этого влияния. Установлено, что толщина оксидированного слоя будет прямо пропорциональна напряжению и концентрации раствора электролита, а пористость – обратно пропорциональна напряжению и прямо пропорциональна силе тока. Показано, что путем варьирования параметров режима оксидирования (сила тока, напряжение и время процесса) можно получать оксидированные слои необходимой толщины и пористости.

Ключевые слова: поршень, оксидирование, толщина, пористость, электролит, напряжение, режим.

Постановка проблемы

Развитие двигателестроения связано с дальнейшим форсированием двигателя: повышением быстроходности, эффективного давления, коэффициента полезного действия и т.д. В этих условиях становится важным

обеспечить высокую и надежную работоспособность основных деталей и узлов двигателя, особенно цилиндропоршневой группы. Форсирование двигателя, приводит к увеличению удельных нагрузок и значительному повышению температуры поршня, поршневых колец, гильз цилиндра, клапанов, интенсивному ухудшению условий работы, повышенному износу и задирам поршня, поршневых канавок и колец. Кроме того, перегрев деталей сопровождается ростом температурных напряжений при одновременном ухудшении механических свойств материала, что приводит к образованию трещин и термоциклическому разрушению деталей [1].

По мере форсирования двигателя приходится прибегать к мерам, обеспечивающим снижение его температуры. К их числу следует отнести использование материала с большей теплопроводностью, улучшение геометрии деталей, применение защитных тепловых барьеров, организацию охлаждения поршня маслом. Однако охлаждение поршня сопровождается значительным усложнением его конструкции, систем маслоподачи, увеличивается опасность быстрого старения масла. Кроме того, отрицательной стороной интенсификации охлаждения является увеличение тепловых потерь, что может заметно отразиться на экономичности работы двигателя. Более рациональным с этой точки зрения является применение защитных средств от воздействия на поршень рабочих газов – накладок из жаропрочных материалов или создание теплоизоляционных покрытий на рабочей поверхности деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ).

Поршень ЦПГ определяет ресурс двигателя в целом, поскольку является одной из самых нагруженных деталей. Различные участки его рабочих поверхностей подвергаются износу крайне неравномерно, предельные значения износа вынуждают забраковывать поршень целиком, хотя по другим геометрическим параметрам он оказывается совершенно работоспособным. Износ поршней происходит по поршневым канавкам, юбке и отверстиям под палец в бобышках. Поршни, изготовленные из алюминиевых сплавов, чаще всего выходят из строя по износу рабочих поверхностей двух верхних поршневых канавок [2].

Взаимодействие поверхности поршневых колец и поршневых канавок может происходить при повышенной температуре (200-250 °С), наличии твердых продуктов коксования и абразивных частиц, попадающих извне.

Главным фактором, вызывающим изменение формы поршневых канавок алюминиевых поршней, является объемная деформация, которая увеличивается при нагреве поршня до рабочей температуры [3].

Один из эффективных способов снижения износа поршней – формирование оксидного покрытия (упрочняющее и теплоизолирующее) на рабочих поверхностях головки (днище и поршневые канавки) поршня методом микродугового оксидирования.

Формирование оксидного покрытия методом МДО на рабочих поверхностях головки поршня позволит создать многофункциональные покрытия, свойства которых будут отличаться от исходных свойств основного материала поршня по износостойкости, коррозионностойкости

и теплостойкости [4]. Применительно к поршню двигателя внутреннего сгорания в настоящее время не обоснованы режимные параметры МДО для получения оксидного покрытия, обладающего необходимыми физико-механическими свойствами.

Цель исследований – обоснование влияния параметров технологического режима микродугового оксидирования на формирование толщины и пористости оксидного покрытия на рабочих поверхностях головки поршня.

Материалы и методы исследования

Микродуговое оксидирование является одним из видов процесса анодирования, приводящего к образованию на поверхности металлов анодного (оксидного) покрытия, состоящего из тонкого плотного слоя, получившего название барьерного, и наружного пористого слоя.

Образование оксидированного слоя на поверхности алюминия протекает в четыре стадии (см. рисунок), соответствующие четырем участкам на графике зависимости плотности тока от времени.

На первой стадии окисления на поверхности алюминия формируется барьерный слой, представляющий собой неэлектропроводящий оксид алюминия ($\rho = 10^{10}-10^{12}$ Ом·см). Из-за этого напряженность электрического поля резко возрастает в нишах оксидного покрытия (стадия 2, см. рисунок), что сопровождается растворением оксида за счет местного роста температуры (стадия 3, см. рисунок).

Данный процесс сопровождается распределением электрического заряда между точками формируемого слоя. При этом в точках, получающих меньшее значение заряда, прекращается рост пор, что приводит к некоторому снижению плотности тока (стадия 4, см. рисунок). В конечном счете плотность тока выходит на постоянное значение, соответствующее равномерному росту пор.

В процессе МДО рабочих поверхностей поршней температура оксидного покрытия, формирующегося на

них, составляет несколько тысяч градусов. Воздействие этих температур приводит к тому, что стенки пор в оксидном покрытии оплавляются. Этот процесс сопровождается полиморфным превращением и последующей дегидратацией оксигидроксидов с образованием модификации оксидов кристаллической структуры.

Оксидирование в растворах электролитов позволяет формироваться байеритам или гиббейтам. При увеличении температуры, сопровождающей процесс оксидирования, эти вещества переходят в бемит, а при резком ее возрастании по причине разряда в зоне пор формируемого слоя наблюдается их переход в гамма-корунд. При достижении температуры 1200 °С наблюдается переход данных веществ в альфа-корунд.

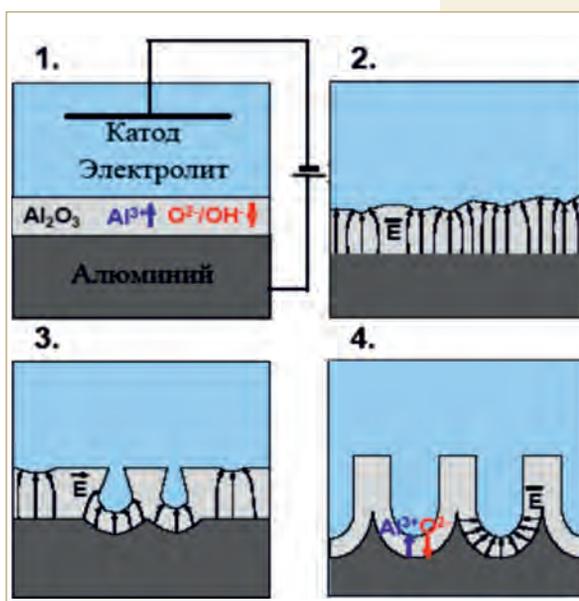
Образование альфа-корунда $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ является основной целью оксидирования материалов. Обладая такими свойствами, как инертность к химическому воздействию до температур 1000 °С, высокая твердость и водоотталкивающая способность, альфа-корунд $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ позволяет сформировать на поверхностях поршня слой высокой твердости и теплоотражающей способности, что обеспечивает износостойкость и теплопроводность поршня.

Процесс формирования оксидного покрытия зависит от множества факторов, основными из которых

являются свойства электролита (температура, состав и концентрация), напряжение, сила и плотность тока, время оксидирования, а также свойства материала, подвергающегося оксидированию – состав металлического сплава, состояние оксидированной поверхности (шероховатость, пористость), наличие термической обработки и др. Все перечисленные факторы в той или иной мере оказывают влияние как на физико-химические свойства формируемого слоя (состав, толщина, плотность, структура и пористость), так и на его технологические свойства (износостойкость, микротвердость, коррозионностойкость, надежность сцепления с основным металлом, теплопроводность). Поэтому учет всех факторов, а также установление степени их влияния на формирование определенных свойств оксидированного слоя является основой для получения оксидных покрытий с заданными эксплуатационными свойствами.

Результаты исследований и обсуждение

Образование оксидного покрытия на рабочих поверхностях головки поршня сопровождается электрохимическим ростом и одновременным химическим растворением оксидированного покрытия. Формирование последнего осуществляется в электролитах, в которых скорость



Процессы формирования пористой структуры оксидированного слоя:

1 – образование барьерного слоя; 2 – распределение электрического поля в нишах на поверхности оксидного покрытия; 3 – формирование пор в результате локализаций электрического поля и температур, вызывающих перегрев поверхностного слоя; 4 – формирование пор в оксидном покрытии

растворения ниже, чем скорость его образования [5]. Данные условия выполняются в электролитах, основой которых являются растворы серной, щавелевой и хромовой кислот, имеющих порообразующие свойства при фиксированных режимных параметрах МДО, от которых будет зависеть толщина образуемого оксидного покрытия. Формирование оксидного покрытия на головке поршня сопровождается возникновением напряжения электрического поля, зависящего от плотности ионного тока, следовательно, толщина оксидного покрытия будет пропорциональна напряжению [6]:

$$\delta_{ок} = m_{ок} \cdot U, \quad (1)$$

где U – изменение напряжения на оксидном покрытии, В;

$m_{ок}$ – рост оксидного покрытия при постоянном значении плотности ионного тока (i_n), соответствующего гальваностатическому режиму.

Влияние режимов МДО на свойства образуемого оксидного покрытия может быть описано выражением первого порядка:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (2)$$

где y – функция отклика толщины оксидного покрытия ($\delta_{ок}$, мкм);

x_i, x_j – режимные параметры процесса МДО;

b_0 – свободный член;

b_i, b_{ij} – коэффициенты регрессии;

n – число опытов.

В электролитах, имеющих порообразующие свойства, происходит образование барьерного слоя («оксид барьерного типа»), представляющего собой сплошную беспористую среду. Следует отметить, что увеличение оксида алюминия в барьерном слое пропорционально подаваемому напряжению U_{ϕ} и описывается следующим законом:

$$\delta_{ок} = a \cdot U_{\phi}, \quad (3)$$

где $\delta_{ок}$ – толщина оксидного покрытия на рабочих поверхностях головки поршня, мкм;

U_{ϕ} – подаваемое напряжение, необходимое для формирования оксидного покрытия, В;

a – дискретная величина изменения роста оксида алюминия, мкм/В.

При формировании оксидного покрытия электрохимические процессы происходят согласно законам Фарадея, таким образом толщина формируемого оксидного покрытия ($\delta_{ок}$) пропорциональна количественному значению протекающего заряда (Q):

$$Q = \int_0^t Idt, \quad (4)$$

где I – сила тока, проходящего в процессе оксидирования через элементарную ячейку формируемого слоя, А.

Сила тока, проходящего в процессе микродугового оксидирования через элементарную ячейку формируемого оксидного покрытия, пропорциональна скорости его образования на рабочих поверхностях головки поршня и скорости изменения подаваемого напряжения. Таким образом, скорость формирования оксидного покрытия может быть записана как функция:

$$f(i_i) = \frac{dU_{\phi}}{dt}. \quad (5)$$

где i_i – плотность тока, А/м².

Поскольку образование барьерного слоя осуществляется в порах формируемого слоя, то площадь пор будет обеспечивать определенную плотность тока оксидирования и скорость изменения напряжения. Учитывая зависимость и параметры изменения напряжения, можно определить параметры плотности тока (i_n), а следовательно, площадь формируемой оксидированной поверхности, занимаемую порами. Тогда пористость как отношение объема всех пор к общему объему оксида определяются следующим образом:

$$P = \frac{i}{i_n} \cdot 100\%. \quad (6)$$

где i – плотность тока, подводимого к единице площади поверхности;

i_n – плотность тока, подводимого ко всей площади оксидированной детали.

Так как формирование отдельных ячеек оксидного покрытия проис-

ходит за счет увеличения барьерного слоя, то диаметр формируемой ячейки будет соответствовать удвоенному значению его толщины. Тогда, изменяя параметры тока, проходящего через ячейку, и напряжение формирования, можно регулировать параметры формируемого оксидного покрытия непосредственно в процессе оксидирования.

Рассматривая процесс МДО как взаимозависимую систему, изменение пористости и толщины образуемого оксидного покрытия может быть представлено через электрические параметры ее элементов.

Электрический ток, протекающий в рассматриваемой системе, определяется из выражения

$$I(t) = \frac{U}{R_p + R_r} \left(\frac{R_r}{R_p} \cdot e^{-\frac{t}{\tau_m}} + 1 \right), \quad (7)$$

$$\tau_m = \frac{R_p \cdot R_r}{R_p + R_r} \cdot C_r, \quad (8)$$

где U – напряжение, В;

R_p – сопротивление электролита, Ом;

R_r – сопротивление оксидного покрытия, Ом;

C_r – емкость зоны участка металл-раствор, Ф;

τ_m – коэффициент пропорциональности сопротивлений эквивалентной системы.

Параметры рассматриваемой эквивалентной системы определяются следующим образом:

$$R_p = \frac{U}{I(t)}, \quad (9)$$

$$R_r = \frac{U}{I(t_2)} - \frac{U}{I(t_1)}, \quad (10)$$

где $I(t_2)$ – изменение силы тока в растворе электролита, А;

$I(t_1)$ – изменение силы тока в образующемся оксидном покрытии, А.

Соответственно:

$$I(t_1) = \frac{U}{R_p}, \quad (11)$$

$$I(t_2) = \frac{U}{R_r}. \quad (12)$$

Емкость участка металл-раствор:

$$C_r = \frac{T}{\ln 2 \left(\frac{R_r \cdot R_p}{R_r + R_p} \right)}, \quad (13)$$

где T – продолжительность формирования оксидного покрытия, ч.

Общий ток эквивалентной системы будет определяться из суммы активного тока (I_a), идущего на формирование и увеличение ячеек образуемого оксидного покрытия, и емкостного (I_c), идущего на образование переходного слоя металл-раствор (барьерного слоя и оксидированного слоя).

Следовательно, сила тока определяется по формуле

$$I = I_a + I_c = S \left(\frac{U_\phi}{R_a} + C_r \frac{dU_\phi}{dT} \right), \quad (14)$$

где S – площадь поверхности электрода, м²;

R_a – активное сопротивление участка металл-раствор ($R_r + R_p$), Ом;

T – продолжительность процесса, ч.

То есть такие параметры оксидного покрытия, как пористость и толщина, а также скорость его образования, будут зависеть от значений электрических параметров системы МДО. Тогда значения емкости и электрического сопротивления микродуговой системы будут являться отображением пористости и толщины формируемого покрытия. Используя теорию электрических цепей, указанные параметры можно выразить следующим образом:

- сопротивление системы:

$$R_r = \frac{\rho \cdot \delta_{ок}}{S_n}, \quad (15)$$

где ρ – удельное сопротивление оксидного покрытия, Ом · м;

- емкость системы:

$$C_r = \frac{k \cdot P}{\delta_{ок}}, \quad (16)$$

где k – коэффициент, характеризующий состав электролита, численно равный массе вещества, выделившейся при прохождении через электролит единицы электрического заряда;

P – пористость формируемого оксидного покрытия, %.

На основании этого толщину образованного оксидного покрытия на рабочих поверхностях головки поршня можно определить через электрические параметры системы:

$$\delta_{ок} = \frac{R_r \cdot S \cdot k}{\rho}, \quad (17)$$

$$\delta_{ок} = \frac{R_r \cdot P}{k}, \quad (18)$$

или

$$\delta_{ок} = \frac{U \cdot S \cdot k}{I \cdot \rho}, \quad (19)$$

а значение пористости покрытия:

$$P = \frac{C_r \cdot \delta_{ок}}{k}, \quad (20)$$

или

$$P = \frac{I \cdot \delta_{ок} \cdot k}{U \cdot \rho}. \quad (21)$$

Выводы

1. Таким образом, толщина оксидированного слоя будет прямо пропорциональна напряжению и концентрации раствора электролита, а пористость – обратно пропорциональна напряжению и прямо пропорциональна силе тока. Путем варьирования параметров режима оксидирования (сила тока, напряжение и время процесса) можно получать оксидированные слои необходимой толщины и пористости.

2. Метод микродугового оксидирования позволит создать на рабочих поверхностях головки поршня износостойкое, коррозионно- и термостойкое оксидное покрытие, что приведет к снижению изнашивания деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» и повышению работоспособности цилиндропоршневой группы двигателя внутреннего сгорания.

Список

использованных источников

1. Обеспечение работоспособности блоков цилиндров автотракторных двигателей при ремонте / А.С. Денисов [и др.] // Автотранспортное предприятие. 2012. № 7. С. 23-25.

2. Захаров Ю.А., Шарагин А.Е. Ремонт и восстановление канавок поршней двигателей внутреннего сгорания автомобилей // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 1. С. 23-27.

3. Дьяков И.Ф. Расчеты на прочность деталей машин при циклическом нагружении // Альманах современной науки и образования. 2011. № 10. С. 45-49.

4. Теоретическое обоснование снижения износа деталей сопряжения «поршневая канавка – поршневое кольцо» / Д.М. Марьин [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 4. С. 178-182.

5. Витязь П.А., Ильющенко А.Ф., Шевцов А.И. Основы нанесения износостойких и теплозащитных покрытий. Минск: Белорусская наука, 2006. 363 с.

6. Влияние режимов микродугового оксидирования на образование оксидированного слоя / Д.М. Марьин [и др.] // Вестник Ульяновской гос. с.-х. акад. 2013. № 3. С. 128-131.

Influence of the Parameters of the Process Conditions for Microarc Oxidation on the Formation of the Thickness and Porosity of the Oxide Coating

A.L. Khokhlov, D.M. Maryin, A.A. Khokhlov

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. The process of formation of an oxide coating (strengthening and heat-insulating one) on the working surfaces of the piston head (piston bottom and grooves) using the method of micro-arc oxidation (MAO) is discussed. It is noted that during the oxidation of the piston head, the MAO process conditions will have a significant effect on the thickness and porosity of the oxide coating formed. The theoretical dependences of the influence of the electrical parameters of the microarc oxidation process conditions on the thickness and porosity of the oxide coating are presented. It has been found that the thickness of the oxidized layer will be directly proportional to the voltage and composition of the electrolyte, and the porosity is inversely proportional to the voltage and directly proportional to the current strength. It is shown that by varying the parameters of the oxidation conditions (current strength, voltage and process time), oxidized layers of the required thickness and porosity can be obtained.

Keywords: piston, oxidation, thickness, porosity, electrolyte, voltage, process conditions.

УДК 338.431

DOI: 10.33267/2072-9642-2021-11-44-48

Современное состояние и тенденции развития масличного подкомплекса Российской Федерации

Н.Р. Александрова,

канд. экон. наук, доц.,

anr73@mail.ru

(ФГБУ ВО «Ульяновский ГАУ»)

Аннотация. Отмечено, что масличный подкомплекс, являясь базой в обеспечении качественным сырьем отраслей отечественной промышленности, занимает важное место в АПК России. Проанализированы основные показатели развития масличного подкомплекса: динамика и структура посевных площадей масличных культур, урожайность и валовые сборы маслосемян, объемы производства, экспорта и импорта растительных масел. Выявлены особенности современного состояния масличного подкомплекса России, определены сдерживающие факторы и перспективы его развития в сложившихся условиях.

Ключевые слова: масличная культура, площадь, урожайность, валовой сбор, производство, растительное масло, экспорт, импорт.

Постановка проблемы

Масличный подкомплекс является одним из ведущих в системе агропромышленного комплекса Российской Федерации, основная цель которого – удовлетворение потребностей населения в растительном масле и продуктах его переработки.

В целом современное состояние масличного подкомплекса Российской Федерации характеризуется следующими особенностями:

- спрос на продукцию имеет устойчивый характер, что предопределяет развитие сырьевой базы и приток инвестиций в модернизацию технологической базы предприятий подкомплекса [1];

- образование крупных бизнес-объединений и наличие значительной доли иностранного капитала [2];

- технический и технологический потенциал сформировался под влиянием факторов развития внутренних рынков продукции, увеличения реализации ее на внешних рынках, проведения государственной политики по защите внутреннего продовольственного рынка [3];

- отличается инвестиционной привлекательностью для российского и иностранного бизнеса, вследствие этого сложилась положительная динамика инвестиционных вложений в его модернизацию [4].

В современных экономических условиях развитие данного подкомплекса отмечается положительными тенденциями, обусловленными расширением посевных площадей масличных культур, ростом урожайности и валовых сборов маслосемян, внедрением инновационных технологий производства продукции, обновлением данного сектора экономики [5]. Однако актуальными остаются проблема дефицита сырья, низкая оснащенность оборудованием по глубокой переработке растительных масел, недостаточная техническая оснащенность маслоперерабатывающих заводов, нарушение интеграционных связей между основными субъектами подкомплекса.

Цель исследований – оценка состояния производства и переработки маслосемян и определение направлений развития масличного подкомплекса Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

При исследовании использовались статистические данные Росстата, Минсельхоза России, нормативно-правовые документы, материалы, опубликованные в научных и периоди-

ческих изданиях. Проведены анализ, систематизация и обобщение данных о состоянии развития масличного подкомплекса страны. Исследования проводились с использованием основных положений комплексного системного анализа. Применялись методы построения динамических рядов, группировок, сравнительного анализа, экспертно-аналитического способа обработки информации.

Результаты исследований и обсуждение

Масличные культуры формируют 14-18 % площади сельскохозяйственных посевов. В динамике 2011-2020 гг. общая их площадь в Российской Федерации возросла на 37,66%, в том числе за 2016-2020 гг. – на 16,88%, составив 14399 тыс. га (табл. 1).

Высокие темпы роста посевных площадей масличных культур за исследуемый период отмечены в Уральском (в 2,66 раза), Сибирском (в 2,21 раза), Северо-Западном (в 2,03 раза) федеральных округах. В Южном и Северо-Кавказском федеральных округах площадь данных посевов, напротив, уменьшилась на 4,71 и 11,22% соответственно.

Наибольшие площади возделывания масличных культур сосредоточены в Приволжском федеральном округе, однако за 2011-2020 гг. их доля уменьшилась с 34,72 до 32,69%.

Пятая часть посевов масличных культур сосредоточена в хозяйствах Центрального федерального округа, прирост доли которых за 10 лет составил 4,40 п.п. (с 16,50 до 20,90%). Южный федеральный округ уступил вторую позицию, снизив долю посевов с 25,60% (2011 г.) до 17,72% (2020 г.), или на 7,88 п.п.

Таблица 1. Посевные площади масличных культур в хозяйствах всех категорий в разрезе федеральных округов Российской Федерации, тыс. га, по годам

Федеральный округ	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 к 2011, %
Российская Федерация	10460	11517	12320	12631	13941	14615	14399	137,66
Центральный	1726	2269	2338	2580	2812	2973	3010	174,39
Северо-Западный	29	32	43	40	53	54	59	203,45
Южный	2678	2468	2647	2519	2556	2546	2552	95,29
Северо-Кавказский	588	520	544	593	597	551	522	88,78
Приволжский	3632	3755	4085	4039	4334	4779	4707	129,60
Уральский	134	247	259	254	370	399	357	266,42
Сибирский	865	975	1129	1181	1720	1930	1919	221,85
Дальневосточный	807	1251	1277	1425	1518	1384	1274	157,87

Источник: составлено и рассчитано по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

Таблица 2. Посевные площади масличных культур в хозяйствах всех категорий в разрезе основных культур, тыс. га, по годам

Культура	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 к 2011, %
Масличные культуры – всего	10460	11517	12320	12631	13941	14615	14399	137,66
В том числе:								
подсолнечник	7620	7013	7607	7994	8160	8583	8545	112,14
лен	500	642	709	568	745	816	1029	205,80
рапс	893	1022	980	1005	1576	1547	1490	166,85
рыжик	54	207	142	94	79	74	49	90,74
соя	1234	2130	2237	2636	2949	3078	2859	231,69
горчица	134	192	181	156	334	374	201	150
прочие культуры	25	311	464	178	98	143	226	в 9,0 раза

Источник: составлено и рассчитано по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

Таблица 3. Урожайность масличных культур в хозяйствах всех категорий, ц/га, по годам

Культура	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 к 2011, %
Масличные культуры – всего	12,4	12,9	13,9	14,1	14,6	16,3	15,2	122,58
В том числе:								
подсолнечник	12,5	14,2	15,1	14,5	16	18,3	15,9	127,20
лен	9,7	8,5	9,7	10,9	7,8	8,3	8,1	83,51
рапс	11,4	11,2	11	15,8	13,3	14,4	17,7	155,26
рыжик	6,6	5,7	6	7	5,5	5,7	6,6	100
соя	13,8	13	14,8	14,1	14,7	15,7	15,9	115,22
горчица	7,4	4,9	5,5	7,2	4,6	5,6	6,1	82,43

Источник: составлено и рассчитано по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

В разрезе основных масличных культур положительная динамика посевной площади сложилась по всем культурам, за исключением рыжика (табл. 2).

Основной масличной культурой в Российской Федерации является подсолнечник, доля которого в 2020 г. составила 59,34%, что ниже уровня 2011 г. на 13,50 п.п.

Вторую позицию в структуре посевной площади масличных культур занимает соя (19,86%). Третью позицию с долей 10,35% формирует рапс, четвертую – лен (7,15%).

Средняя урожайность масличных культур в Российской Федерации в период с 2011 по 2020 г. возросла с 12,4 до 15,2 ц/га, или на 22,58%, в том числе на 9,35% за 2016-2020 гг. В разрезе основных культур рост урожайности наблюдается по подсолнечнику (на 27,20%), рапсу (на 55,26%), сое (на 15,22%) (табл. 3).

Выравнивание фактического ряда урожайности масличных культур в динамике 2011-2020 гг. показало, что ее ежегодный рост по линейной зависимости составляет 0,437 ц/га, по полиномиальной – 0,17 ц/га с приростом 0,02 (см. рисунок).

Наивысший уровень урожайности масличных культур ежегодно демонстрируют сельскохозяйственные товаропроизводители Северо-Западного федерального округа. Высокий уровень урожайности сложился в хозяйствах Центрального федерального округа.

В динамике 2011-2020 гг. валовой сбор масличных культур в хозяйствах всех категорий Российской Федерации увеличился на 73,12%, составив 211795 тыс. ц, в том числе за последние 5 лет – на 30,17%. Рост объемов производства маслосемян наблюдается во всех федеральных округах, за исключением Северо-Кавказского. Наибольший темп роста валового сбора масличных культур отмечен в хозяйствах Сибирского федерального округа (в 4,24 раза).

Ранжирование субъектов Российской Федерации по валовому сбору маслосемян позволило выявить четыре группы регионов. В 2011 г.

в первую группу с объемом производства маслосемян свыше 1000 тыс. т вошло только три субъекта – Ростовская и Саратовская области, Краснодарский край (табл. 4).

Валовой сбор маслосемян в размере 600-1000 тыс. т получен сельскохозяйственными товаропроизводителями шести регионов. За 2011-2020 гг. существенно увеличили его хозяйства Липецкой, Оренбургской и Пензенской областей. Неизменными лидерами данной группы являются Амурская и Самарская об-

ласти, Ставропольский край. Число регионов с объемом производства зерна от 200 до 600 тыс. т за исследуемый период уменьшилось с 8 до 11. Многочисленную группу образуют субъекты с производством маслосемян в объеме менее 200 тыс. т. (табл. 5).

Валовой сбор маслосемян подсолнечника увеличился с 90689 до 132776 тыс. ц, или на 46,41%. В разрезе основных культур валовой сбор маслосемян существенно вырос в производстве рапса и сои – в 2,68

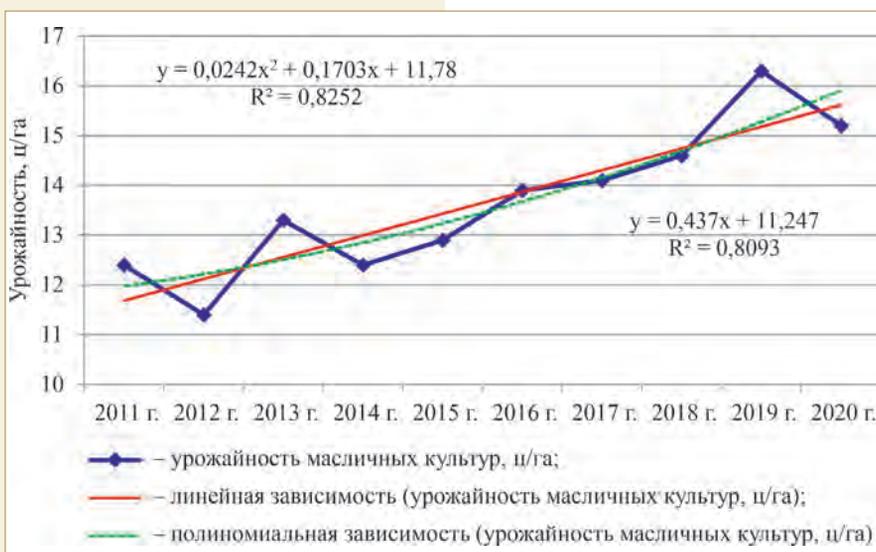
и 2,59 раза соответственно, в том числе наибольший рост произошел за последние 5 лет. Объем производства маслосемян уменьшился только в производстве рыжика (табл. 6).

В Российской Федерации действует более 200 маслоперерабатывающих предприятий. Суммарная их мощность по переработке маслосемян превышает 15 млн т. Географически основные производственные мощности по переработке масличных культур расположены на территории Ростовской области, Краснодарского края, Белгородской и Воронежской областей.

В динамике 2011-2020 гг. общее производство растительного масла увеличилось в 2,37 раза, составив 7300 тыс. т. В последние годы около 42% его производства приходится на пять компаний – «Русагро» (12%), «Юг Руси» (11%), «ЭФКО» (7%), «Благо» (6%), «НМЖК» (6%) [6]. Основную долю занимает подсолнечное масло (табл. 7).

В структуре экспорта продукции подкомплекса Российской Федерации наибольшая доля также приходится на подсолнечное масло (46%) [7]. В результате роста производства растительного масла объем его экспорта увеличился более чем в 5 раз.

Основными покупателями российского масла являются Турция и Египет,



Аналитическое выравнивание ряда урожайности масличных культур в хозяйствах всех категорий Российской Федерации, ц/га

Таблица 4. Группировка субъектов Российской Федерации по валовому сбору маслосемян в 2011 г.

Валовой сбор маслосемян, тыс. т	Количество	Наименование субъектов
Свыше 1000	3	Ростовская, Саратовская области Краснодарский край
600-1000	5	Амурская, Волгоградская, Воронежская, Самарская области Ставропольский край
200-600	8	Белгородская, Курская, Липецкая, Пензенская, Оренбургская, Тамбовская области Республика Башкортостан Алтайский край
До 200	51	Астраханская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Иркутская, Калининградская, Калужская, Кемеровская, Кировская, Костромская, Курганская, Ленинградская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская, Орловская, Псковская, Рязанская, Свердловская, Смоленская, Тверская, Томская, Тульская, Тюменская, Ульяновская, Челябинская, Ярославская области Республики Адыгея, Алтай, Бурятия, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Калмыкия, Карачаево-Черкесия, Марий Эл, Мордовия, Северная Осетия-Алания, Татарстан, Удмуртия, Чечня, Чувашия, Хакасия Забайкальский, Красноярский, Пермский, Приморский, Хабаровский края Еврейская автономная область

Источник: составлено по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

Таблица 5. Группировка субъектов Российской Федерации по валовому сбору маслосемян в 2020 г.

Валовой сбор маслосемян, тыс. т	Количество	Наименование субъектов
Свыше 1000	9	Белгородская, Волгоградская, Воронежская, Курская, Ростовская, Саратовская, Тамбовская области Алтайский, Краснодарский края
600-1000	6	Амурская, Липецкая, Оренбургская, Пензенская, Самарская области Ставропольский край
200-600	11	Новосибирская, Омская, Орловская, Рязанская, Тульская, Ульяновская области Республики Башкортостан, Татарстан Красноярский, Приморский, Ставропольский края
До 200	42	Астраханская, Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Иркутская, Калининградская, Калужская, Кемеровская, Кировская, Костромская, Курганская, Ленинградская, Московская, Нижегородская, Псковская, Свердловская, Смоленская, Тверская, Томская, Тюменская, Челябинская, Ярославская области Республики Адыгея, Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Калмыкия, Карачаево-Черкесия, Крым, Марий Эл, Мордовия, Северная Осетия-Алания, Тыва, Удмуртия, Чечня, Чувашия, Хакасия Забайкальский, Пермский, Хабаровский края Еврейская автономная область

Источник: составлено по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

Таблица 6. Валовой сбор масличных культур в хозяйствах всех категорий в разрезе основных культур, тыс. ц, по годам

Культура	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 к 2011, %
Масличные культуры – всего	122340	138538	162710	164968	195349	227689	211795	173,12
В том числе:								
подсолнечник	90689	92887	110151	104809	127557	153793	132776	146,41
лен	4308	5160	6654	6031	5505	6513	7833	181,82
рапс	9575	10132	10008	15103	19887	20603	25731	268,73
рыжик	316	898	790	634	391	398	307	97,15
соя	16475	27159	31426	36217	40268	43599	42825	259,94
горчица	817	670	731	984	1235	1648	1036	126,81
прочие культуры	160	1632	2950	1190	506	1135	1287	в 8 раз

Источник: составлено и рассчитано по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

с 2018 г. – Иран. В 2019 г. более 20 % растительного масла было приобретено Китаем, в 2020 г. в группу лидирующих импортеров вошла и Индия. Рост поставок в эти страны связан с увеличением закупок масла на фоне пандемии и ростом платежеспособности населения [8].

Объемы импорта растительного масла, где основную долю занимает пальмовое, за исследуемый период возросли только на 60,9%, что указывает на развитие внутреннего рынка.

Несмотря на положительную динамику объемов производства маслосемян и растительного масла, по-прежнему сдерживающим фактором развития масличного подкомплекса является отставание валовых сборов масличных культур от имеющихся

в России перерабатывающих мощностей. Дисбаланс составляет более 3 млн т маслосемян. Кроме того, высокий уровень мировых цен на маслосемена только способствует росту экспорта сырья из России [9].

С целью сдерживания экспорта маслосырья в 2021 г. введена удвоенная экспортная пошлина на подсолнечник и рапс, при этом ее уровень уже был поднят на 30 %. Дополнительной мерой стало установление демпферного механизма в отношении экспорта подсолнечного масла с сентября 2021 г. Величина экспортной пошлины составит 70 %, она будет взиматься с разницы между базовой ценой и индикативной.

Подобные меры регулирования экспорта будут способствовать уве-

личению загрузки перерабатывающих мощностей с последующим экспортом готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, что является важной задачей федерального проекта «Экспорт продукции АПК».

По данным Росстата, в результате увеличения производства масел, самообеспеченность растительным маслом в 2020 г. составила 195,9% при пороговом значении Доктрины продовольственной безопасности 90% [10], целевой показатель которой превышен почти в 2,2 раза.

Для сохранения положительной динамики развития масличного подкомплекса рекомендуются дальнейшая модернизация производственных мощностей маслоперерабатывающих предприятий за счет

внедрения инновационных технологий; строительство мощностей по глубокой переработке протеиновых культур в Центральном федеральном округе; диверсификация производства и переработки семян масличных культур за счет расширения посевов рыжика, льна, ореховых культур.

Общий объем инвестиций в производство масложировой продукции составит 210 млрд руб., что будет способствовать увеличению производства растительного масла нерафинированного до 11225,3 тыс. т, жмыхов и шротов – до 16493,9 тыс. т. Объем экспорта масложировой продукции к 2030 г. составит 9300 млн долл. США.

Выводы

1. За 2011-2020 гг. масличный подкомплекс характеризуется положительной динамикой объемов производства маслосемян вследствие существенного расширения посевных площадей и роста урожайности.

2. Несмотря на положительную динамику объемов производства маслосемян и растительного масла, сдерживающим фактором развития масличного подкомплекса является отставание валовых сборов масличных культур от имеющихся в России перерабатывающих мощностей.

3. С целью сдерживания экспорта маслосырья существенную значимость имеют инструменты тарифного регулирования – удвоенная экспортная пошлина и демпферный механизм в отношении экспорта подсолнечного масла с сентября 2021 г. Регулирование экспорта будет способствовать увеличению загрузки перерабатывающих мощностей и развитию внутреннего рынка масличного подкомплекса.

Список использованных источников

1. Куренная В.В. Народно-хозяйственное значение масличного подкомплекса АПК: современные тенденции // Агропродовольственная экономика. 2017. № 4. С. 44-57.
2. Палицына Д.В. Основные факторы, влияющие на конкурентоспособность маслоперерабатывающего комплекса // Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество. 2020. № 4. С. 14-30.

Таблица 7. Объемы производства, экспорта и импорта растительного масла в Российской Федерации, тыс. т, по годам

Растительное масло	2011	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020 к 2011, %
Нерафинированное	3073	3940	5204	5728	5940	6766	7300	237,55
Подсолнечное нерафинированное и его фракции	2545,4	3693,4	4217,3	4670,8	4469,7	5328,2	5925,0	232,77
Подсолнечное пищевое	2174,0	2442,0	2171,0	2371,9	2190,3	2346,2	2587,9	119,04
Рапсовое нерафинированное и его фракции	170,9	378,1	311,1	371,2	506,4	563,6	585,4	342,54
Соевое нерафинированное и его фракции	288,1	559,5	640,5	679,5	763,3	715,1	811,0	281,50
Экспорт	627	1445	1790	2326	2109	3097	3210	в 5,11 раза
Импорт	867	1011	1017	1028	1328	1395	1400	161,47

Источник: составлено и рассчитано по данным Единой межведомственной информационно-статистической системы [Электронный ресурс] – <https://www.fedstat.ru/>

3. **Александрова Н.Р.** Экономическая сущность, роль и место масложирового подкомплекса в системе агропромышленного производства // Матер. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». Троицк: Южно-Уральский гос. аграр. ун-т. 2016. С. 8-13.

4. Основные факторы, определяющие развитие конкурентоспособности масложирового подкомплекса в России / Н.А. Сидельникова [и др.] // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 12. С. 27-33.

5. **Дозорова Т.А., Александрова Н.Р.** Организационно-экономическое обеспечение эффективного функционирования масложирового подкомплекса. Ульяновск: УГСХА им. П.А. Столыпина, 2015. 252 с.

6. **Азжеурова М.В.** Место масложирового комплекса России в международном разделении труда // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 3. С. 214.

7. Масложировый рынок. 2020 год. Отчет ГК «РУСАГРО» [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/> (дата обращения: 01.10.2021).

8. **Плугов А.** Российский рынок семян подсолнечника и продуктов их переработки – тенденции и прогнозы [Электронный ресурс]. URL: <https://ab-centre.ru/> (дата обращения: 01.10.2021).

9. Анализ рынка подсолнечного масла в России в 2016-2020 гг., прогноз на 2021-

2025 гг. Структура розничной торговли. Оценка влияния коронавируса. BusinessStat, 2021. 150 с.

10. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента Российской Федерации № 120 от 30 января 2010 г.

Current State and Trends of the Development of oil Subsystem of the Russian Federation

N.R. Alexandrova

(Ulyanovsk State Agrarian University)

Summary. It is noted that the oilseed subsystem, while being the basis for providing high-quality raw materials for the domestic industries, occupies an important place in the Russian agribusiness. The main indicators of the development of the oilseed subsystem are analyzed: dynamics and structure of sown areas of oilseeds, yield and gross harvests of oilseeds, volumes of production, as well as export and import of vegetable oils. The features of the current state of the oilseed subsystem in Russia are identified, the constraining factors and prospects for its development in the current conditions are determined.

Keywords: oilseed, area, yield, gross yield, production, vegetable oil, export, import.

**2-4
марта
2022**

ВЫСТАВКИ

ИНТЕРАГРОМАШ АГРОТЕХНОЛОГИИ



БОЛЕЕ 11 500 ПОСЕТИТЕЛЕЙ:
владельцы, руководители и ведущие
специалисты хозяйств, а также
региональные дилеры и молодые
специалисты

50 ДЕЛЕГАЦИЙ ФЕРМЕРОВ
из районов Ростовской области и Юга РФ

190 экспонентов из России, Беларуси, Польши

Более 50 новинок в области сельхозтехники и агротехнологий

Более 35 деловых мероприятий для специалистов в рамках
Аграрного конгресса

23 000 м² выставочной экспозиции

180 единиц крупногабаритной прицепной и самоходной техники

130 брендов агрохимической продукции

Выставка «ИНТЕРАГРОМАШ» – это современная площадка
для демонстрации новинок в области сельхозтехники
аграриям юга России

Выставка «АГРОТЕХНОЛОГИИ» – это уникальная возможность
для компаний-производителей семян и удобрений презентовать
современные разработки конечным покупателям перед стартом
весенне-полевых работ

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30
Тел. (863) 268-77-94; www.interagromash.net



Альтаир

РОСТСЕЛЬМАШ
Агротехника Профессионалов



AGROSALON

4-7 ОКТЯБРЯ 2022



WWW.AGROSALON.RU