

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БУРЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
ИМЕНИ В.Р. ФИЛИППОВА



## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АПК

*Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Раднаева  
Даба Нимаевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Механизация  
сельскохозяйственных процессов», заслуженного инженера Республики Бурятия, заслуженного  
деятели науки Республики Бурятия  
(Улан-Удэ, 8 июня 2023 г.)*



Улан-Удэ  
Бурятская ГСХА  
2023

© ФГБОУ ВО «Бурятская государственная  
сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова», 2023

Об издании – 1, 2, 3

Размещается по решению организационного комитета

*Редакционная коллегия:*

**Кокиева Галия Ергешевна** – декан инженерного факультета, д-р техн. наук, доцент;

**Зими́на Ольга Гениановна** – заместитель декана по НИР и НИРС инженерного факультета, канд. техн. наук, доцент;

**Татаров Николай Таданович** – заведующий кафедрой «Механизация сельскохозяйственных процессов», канд. техн. наук, доцент;

**Бахрунов Константин Константинович** – заведующий кафедрой «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», канд. тех. наук, доцент;

**Абидуев Андрей Александрович** – заведующий кафедрой «Технический сервис в АПК и общинженерные дисциплины», д-р техн. наук, доцент.

С 568 **Современные тенденции технологического развития АПК** [Электронный ресурс]: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Раднаева Даба Нимаевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов», заслуженного инженера Республики Бурятия, заслуженного деятеля науки Республики Бурятия (Улан-Удэ, 8 июня 2023 г.) – Улан-Удэ: ФГБОУ ВО БГСХА, 2023. – 121 с. ISBN 978-5-8200-0536-7.

В сборник вошли материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Раднаева Даба Нимаевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Механизация сельскохозяйственных процессов», заслуженного инженера Республики Бурятия, заслуженного деятеля науки Республики Бурятия. Материалы размещаются в авторской редакции.

УДК 631.3 (063)

Текстовое (символьное) электронное издание

***Минимальные системные требования***

PC не ниже класса Intel Celeron 2 ГГц; 512 RAM; Adobe Acrobat Reader

Об издании – 1, 2, 3

ISBN 978-5-8200-0536-7

© Коллектив авторов, 2023

© ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова», 2023

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АПК**

*Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Раднаева  
Даба Нимаевича, доктора технических наук, профессора кафедры «Механизация  
сельскохозяйственных процессов», заслуженного инженера Республики Бурятия, заслуженного  
деятели науки Республики Бурятия  
(Улан-Удэ, 8 июня 2023 г.)*

Электронное издание создано при использовании программного обеспечения  
MS Microsoft Word

Техническая обработка и подготовка материалов:  
О.Г. Зимина, канд. тех. наук, доцент

Дата подписания к использованию  
*11.09.2023.*

Объем издания – 16,0 Мбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная  
академия имени В. Р. Филиппова»

670010, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8  
e-mail: [bgsha@bgsha.ru](mailto:bgsha@bgsha.ru)

[Об издании – 1, 2, 3](#)

## Содержание

Научное издание .....	3
<b>СЕКЦИЯ 1 «ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК» .....</b>	<b>5</b>
<b>В.А. Милюткин</b> РОССИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ТУМАН» ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ В ПОЛЕВОДСТВЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ - ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ.....	5
<b>В.А. Милюткин</b> РЕГИОНАЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПЕГАС-АГРО» ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ «ТУМАН» (г.САМАРА) ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ АПК РОССИИ .....	11
<b>Г.А. Бураева, А.В. Шистеев, М.К. Бураев</b> К ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК .....	16
<b>А.Ю. Жабин, Ю.Е. Труфанов, М.К. Бураев</b> ПОТРЕБНОСТЬ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ ДЛЯ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ С УЧЕТОМ ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ .....	21
<b>А.В. Кузьмин</b> СОУДАРЕНИЕ КЛУБНЯ С ПРУТКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ РАБОЧИХ ОРГАНОВ .....	25
<b>А.Ю. Николенко</b> ОБЗОР МАШИН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОГО И ПОСЛЕПОСЕВНОГО ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ.....	30
<b>И.А. Телепень, А.С. Брусенцов</b> ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕХАНИЗАЦИИ САДОВОДСТВА.....	37
<b>Д.Б. Раднаев, Б.Е. Дамбаева</b> К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ...	43
ТЕХНОЛОГИЯ АРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ УГЛОВ МОЛОТКОВ КОРМОДРОБИЛОК ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТОГО ПРИПОЯ.....	49
<b>А.А. Абидуев, А.Ю. Тогмидон, А.Д. Шагжиев</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ.....	56
<b>И.А. Гайнуллин</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА ПОЧВУ .....	61
<b>Т.Р. Апишев, В.А. Дробот</b> ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРИ РОТОРНОМ СПОСОБЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ .....	66
<b>П.А. Дыров</b> СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ .....	73
<b>А.Ф. Курносков, Ю.А. Гуськов, Н.Н. Григорьев</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМОЙ COMMON RAIL.....	79
<b>О.Г. Зимина</b> НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В АГРОИНЖЕНЕРИИ .....	86
<b>E. Eltoshkina, P. Iylin, G. Nymcaran</b> ESTABLISHING THE CONNECTION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS WITH INDICATORS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE ENGINE AND THE PATTERNS OF THEIR CHANGE .....	91
<b>П.А. Татарникова, В.П. Друзьянова, А.А. Харлампов</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУБЫХ КОРМОВ В АРКТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ ЯКУТИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАВОЗА СЕНА В РУЛОНАХ ИЗ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕРХОЯНСК .....	98
<b>СЕКЦИЯ 2 «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК» .....</b>	<b>103</b>
<b>С.О. Бобровский, А.А. Багаев,</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМОСИФОННОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ЖИДКОСТИ .....	103
<b>Ж.Г. Сивцева, В.П. Друзьянова, Ю.С. Кулешова</b> СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ НЮРБИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) .....	112
<b>П.Л. Абидуев</b> ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ .....	116
<b>К.К. Бахрунов, М.Б. Балданов, Л.П. Шкедова</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛОВ ДВУХ СРЕД МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS И FIDESYS.....	124

## СЕКЦИЯ 1 «ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК»

УДК 631.333.44

### РОССИЙСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ТУМАН» ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ В ПОЛЕВОДСТВЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ - ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

**Владимир Александрович Милюткин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Самарская государственная аграрная академия наук, Самара, Россия

<sup>1</sup>oiapp@mail.ru

***Аннотация.** В статье рассмотрены технические решения предприятия ООО «Пегас-Агро» (г. Самара) по разработке и производству отечественного модульного, инновационного многофункционального, высокоэффективного, адаптируемого к различным агрохимическим технологиям и сельскохозяйственным культурам при их возделывании и конкретно для внесения практически всех видов минеральных удобрений по различным технологиям комплекса «Туман» с более глубоким изучением Самарским государственным аграрным университетом эффективности применения перспективных жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси – КАС (N,%-32,30,26) с мезо-и микроэлементами в сравнении с классическими-твердыми удобрениями-аммиачной селитрой, что также является значительным и актуальным вкладом в программу «Импорто-замещения».*

**Ключевые слова:** технологии, техника, «Туман», удобрения, КАС, техника, урожай.

### RUSSIAN INNOVATIVE MULTIFUNCTIONAL TECHNOLOGICAL COMPLEX "TUMAN" FOR AGROCHEMICAL WORKS IN FIELD CROWDING, INCLUDING - APPLICATION OF LIQUID FERTILIZERS

**Vladimir A. Milyutkin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Samara State Agrarian University, Samara, Russia

<sup>1</sup>oiapp@mail.ru

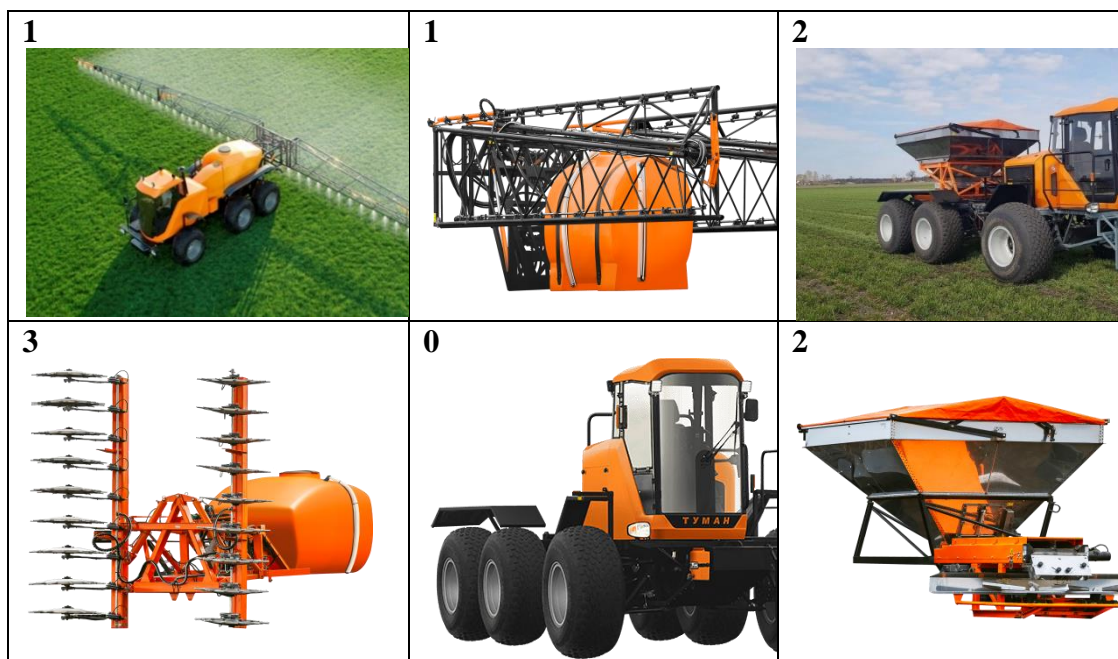
***Abstract.** The article discusses the technical solutions of the Pegas-Agro LLC enterprise (Samara) for the development and production of domestic modular, innovative multifunctional, highly efficient, adaptable to various agrochemical technologies and crops during their cultivation and specifically for the introduction of almost all types of mineral fertilizers on various technologies of the Tuman complex with a deeper study by the Samara State Agrarian University of the effectiveness of the use of promising liquid mineral fertilizers based on a urea-ammonia mixture - UAN (N,% -32.30.26) with meso- and microelements in comparison with classical - solid fertilizers - ammonium nitrate, which is also a significant and relevant contribution to the "Import substitution" program.*

**Keywords:** technologies, equipment, "Fog", fertilizers, UAN, equipment, harvest.

**Введение.** В АПК РФ проходит коренная технико-технологическая модернизация отрасли - одной из ведущих по площади культивируемых земельных угодий (четвертое

место). При этом много сделано и делается по всем составляющим производства сельхозпродукции, возродилось региональное сельхоз-машиностроение, агрохимия, значительно возросла отечественная селекция семян многих видов сельхоз-культур и т.д. Аграрная наука успешно решает прикладные задачи, в частности Самарский государственный аграрный университет наряду с многими направлениями исследований по инициативе ПАО «КуйбышевАзот»- ведущего разработчика инновационных жидких минеральных удобрений на основе КАС совместно с производителем инновационной техники «Туман» ООО «Пегас-Агро» изучает инновационные технологии их внесения с разработкой рекомендаций аграриям[1-10].

**Условия и методы исследования.** Повышенный интерес аграриев к жидким удобрениям КАС [5-10] вызван многими положительными ее свойствами на стимулирование развития растений, повышение урожайности и качества продукции и, что особенно важно, при дефиците влаги КАС значительно превосходит твердые удобрения (в опытах аммиачная селитра с одинаковым азотным эквивалентом). Однако наряду с положительными свойствами КАС имеет существенный недостаток-вызывает при определенных условиях «ожог» листьев растений. В связи с чем целью исследований было обоснование эффективных технологий с КАС на основных сельскохозяйственных культурах (пшеница, кукуруза, подсолнечник, соя) при использовании всех известных технических средств. В предыдущих исследованиях такие средства, как крупнокапельные форсунки-струйные и инжекторные, шланги удлинители со штанговыми опрыскивателями, ликвилайзеры для внутрпочвенного инжекторного внесения КАС, обеспечили их надежную работу[6]. Поэтому разработка и серийное производство на едином многофункциональном агрегате «Туман» производства ООО «Пегас-Агро»[7](рис.1) в принципе решает на сегодняшнем развитии все задачи по внесению жидких удобрений КАС. Исследования проводились на опытных полях Самарского ГАУ в различные по погодным условиям годы: 2021г. - засушливый, 2022г. - благоприятный по увлажнению (получена максимальная урожайность за многие годы в опытах, Самарской обл., Российской Федерации в целом.



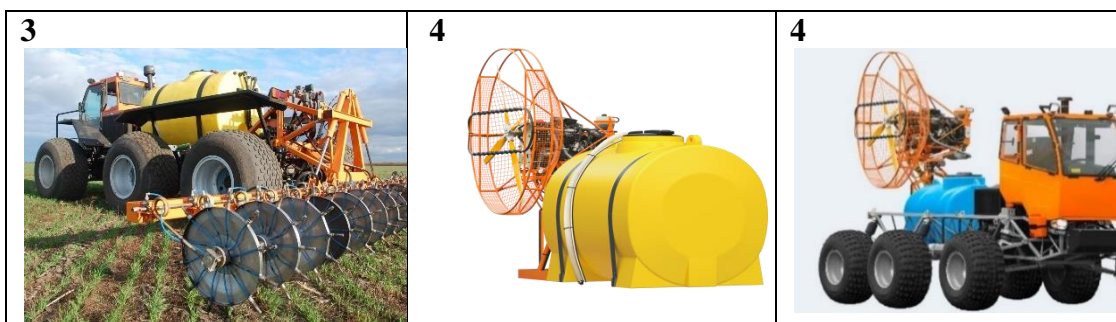
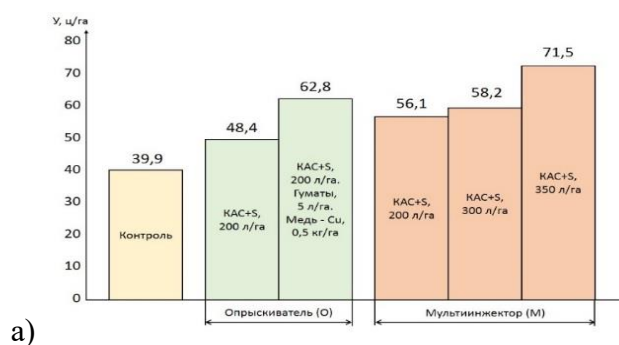
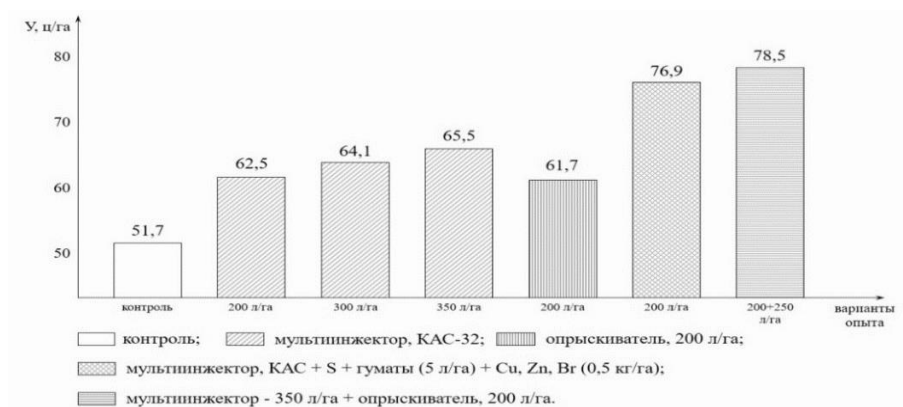


Рисунок 1 - Инновационный многофункциональный комплекс «Туман»: 0- транспортно-энергетический модуль; 1-штанговый опрыскиватель; 2-разбрасыватель твердых минеральных удобрений; 3-мультиинжектор для инъекторного внесения жидких удобрений; 4- вентиляторный опрыскиватель.

**Результаты и обсуждение.** Исследования проводились в 2021-2022 г.г. на озимой пшенице сорт «Базис» Самарским ГАУ с агрегатами «Туман»: - штанговым опрыскивателем со струйными крупнокапельными форсунками; - мульти-инжектором в фазу кущения пшеницы сорт «Базис» с нормами в соответствии с данными на рис1а,б. Результаты опытов показали лучшую урожайность и качество продукции зерна пшеницы, обработанной мульти-инжектором по сравнению с опрыскивателем (рис.1), при чем в засушливый 2021 год эффективность мульти-инжектора была значительно больше по сравнению с оюработкой посевов штанговым опрыскивателем и особенно урожайность пшеницы, обработанной КАС, превышала урожайность посевов обработанных аммиачной селитрой в одинаковом эквиваленте по азоту-N (рис.1а). В более благоприятный год по увлажнению КАС также был более эффективным по сравнению с аммиачной селитрой на посевах озимой пшеницы, однако эффективность мульти-инжектора и опрыскивателя была практически одинаковой (Рис.1б), хотя производительность опрыскивателя (ширина захвата - 28м) значительно превышает - мульти-инжектор (ширина захвата - 6м). То есть при достаточном увлажнении для роста сельхоз-культур более выгодно применять опрыскиватель с крупнокапельными форсунками, при недостаточном увлажнении - особенно при засухе значительно более эффективным будет мульти-инжектор [7].







б)

Рисунок 2 – Изменение урожайности озимой пшеницы сорт «Базис» от различных видов удобрений, технологий и норм внесения в засушливы год-а)-2021г. и благоприятный по увлажнению-2022г.

В настоящее время с учетом большой востребованности, проведенной модернизации конструкции ООО «Пегас-Агро» на своем новом (2022 г.) заводе в г. Самара начал выпускать комплексы «Туман» 3-его поколения (рис.3 а,б,в) [7].



а)



б)



в)

Рисунок 3 - Многофункциональный агрохимический комплекс «Туман-3» (третьего поколения) производства ООО «Пегас-Агро»: а)-разбрасыватель твердых минеральных удобрений; б)-мультиинжектор; в)-опрыскиватель.



**Выводы.** Проведенные Самарским ГАУ исследования эффективности инновационных азотных жидких удобрений КАС-32 и КАС+S производства ПАО «Куйбышев Азот» с микроэлементами, вносимых инновационным многофункциональным модульным комплексом «Туман» ООО «Пегас-Агро» показывают положительные и перспективные результаты - тем самым в РФ в определенных объемах решена еще одна проблема импорто-замещения за счет создания инновационного комплекса «Туман» (г. Самара) и его значительной востребованности аграриями нашей страны.

#### Список источников

1. Осипов, А. И. Влияние агрохимикатов на урожай и качество выращиваемых культур / А. И. Осипов // Наука, питание и здоровье : сборник научных трудов, Минск, 17 июня 2021 года. Том Часть 2. – Минск: Республиканское унитарное предприятие «Издательский дом «Белорусская наука», 2021. – С. 408-418. – EDN GSRJZA.
2. Золотухин, Е. А. Новая высеваящая система для дифференцированного внесения минеральных удобрений / Е. А. Золотухин, Г. И. Личман, С. О. Нукешев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 2. – С. 20-23. – EDN TOCCOD.
3. Алферов, А. А. Ассоциативный азот, урожай и устойчивость агроэкосистемы / А. А. Алферов. – Москва : Российская академия наук, 2020. – 184 с. – ISBN 978-5-907036-87-1. – DOI 10.25680/VNIA.2019.21.92.152. – EDN JHZTRF.
4. Сычев, В. Г. Плодородие почв России и пути его регулирования / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Б. Виноградова // Агрохимия. – 2020. – № 6. – С. 3-13. – DOI 10.31857/S0002188120060125. – EDN POXVQI.
5. Ганусевич А.Г., Геть Г.А. Эффективность применения КАС с добавками микроэлементов и регуляторов роста при возделывании яровой пшеницы/А.Г. Ганусевич, Г.А. Геть// Земледелие и растениеводство. 2021;(6):11-14.
6. Милюткин, В. А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении / В. А. Милюткин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 181 с. – ISBN 978-5-88575-649-5. – EDN АНННЗН.
7. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрипочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро» / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, А. П. Цирулев, А. В. Попов // Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и За рубежом : материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича, Иркутск, 11 ноября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 114-121. – EDN PYNHIQ.
8. Лазарев В.И., Лазарева Р.И., Иванова Е.В., Пироженко В.В. Эффективность использования карбамидно-аммиачного удобрения (КАС-32) на яровой пшенице в Курской области / В.И. Лазарев, Р.И. Лазарева, Е.В. Иванова, В.В. Пироженко //Плодородие, 2019. № 4 (109).-С. 8-11.
9. Лазарев, В. И. Эффективность новых форм жидких азотных удобрений на посевах озимой пшеницы в условиях Курской области / В. И. Лазарев, Ж. Н. Минченко // Рациональное землепользование: оптимизация земледелия и растениеводства : Сборник докладов V Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика РАСХН А.П. Щербакова, Курск, 28–30 сентября 2021 года / Курский федеральный аграрный научный центр. – Курск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Курский федеральный аграрный научный центр", 2021. – С. 155-160. – EDN MEWYDT.

10. Беляев, В. И. Эффективность применения гранулированных и жидких минеральных удобрений с микроэлементами при возделывании яровой пшеницы в Кулундинской степи Алтайского края / В. И. Беляев // Перспективы внедрения инновационных агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур : Сборник статей. Российская научно-практическая конференция, посвящённая 75-летию агрономического факультета Алтайского ГАУ, Барнаул, 23 ноября 2018 года. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – С. 12-18. – EDN ZIYQTJ.

**РЕГИОНАЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «ПЕГАС-АГРО» ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ «ТУМАН» (г. САМАРА) ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ  
РАБОТ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ АПК РОССИИ**

**Владимир Александрович Милюткин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Самарская государственная аграрная академия наук, Самара, Россия

<sup>1</sup>oiapp@mail.ru

***Аннотация.** В статье представлены эффективные научно-производственные решения по возникшим проблемам из-за негативной санкционной политики запада к Российской Федерации, по обеспечению отечественного агропромышленного комплекса - АПК высокоэффективной сельскохозяйственной техникой, в частности машинами для агрохимических работ в земледелии с целью дальнейшего увеличения производства продовольственной продукции как для собственного населения (продовольственная безопасность), так и для экспорта с примером создания ООО «Пегас-Агро» нового предприятия в г. Самара по производству многофункционального инновационного комплекса машин «Туман» для практически всех агрохимических работ, в том числе и для применения перспективных жидких удобрений КАС по результатам экспертной оценки и рекомендациям для производства на основе полученных исследований Самарского государственного аграрного университета с положительными отзывами сельхоз-товаро-производителей.*

**Ключевые слова:** АПК, техника, технологии, агрохимия, инновации, санкции, производство, новое предприятие.

**REGIONAL ENTERPRISE LLC "PEGAS-AGRO" FOR THE PRODUCTION OF  
INNOVATIVE EQUIPMENT "FOG" (SAMARA) FOR AGROCHEMICAL WORKS IN  
AGRICULTURE OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF RUSSIA**

**Vladimir A. Milyutkin<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Samara State Agrarian University, Samara, Russia

<sup>1</sup>oiapp@mail.ru

***Abstract.** The article presents effective response scientific and production solutions to the problems that have arisen due to the negative sanctions policy of the West towards the Russian Federation, to provide the domestic agro-industrial complex - the agro-industrial complex with highly efficient agricultural aggregates, in particular machines for agrochemical work in agriculture, to further increase food production for both its own population (food security) and for export with an example of the creation of LLC "Pegas-Agro" of a new enterprise in Samara for the production of a multifunctional innovative complex of machines "Fog" for almost all agrochemical work, including the use of promising liquid fertilizers CAS with the results of expert evaluation and recommendations for production with a positive assessment of agro-producers and field research of Samara State Agrarian University.*

**Keywords:** agro-industrial complex, machinery, technologies, agrochemistry, innovations, sanctions, production, new enterprise.

**Введение.** В последние годы в России в основном проведено реформирование [1-8] агропромышленного комплекса - АПК, что позволило нашей стране занять одно из ведущих мест в мире по производству сельскохозяйственной продукции и в первую очередь. Данный успешный результат определяется многими составляющими, к которым также относится

техническое перевооружение отрасли. За это время значительно вырос уровень собственных технических разработок для механизации сельскохозяйственного производства. В свете рассматриваемой темы и вниманием руководства страны, о чем высказался Председатель правительства РФ Михаил Мишустин на выставке «Золотая осень-2022»: «... о расширении производства машин «Туман» более 1,5 тыс. шт. в год», ООО Пегас-Агро» значительно расширил свое производство за счет строительства в 2022 году нового завода в г. Самара с производственной площадью около 20 тыс. кв. м и расчетной мощностью 2500 машин в год (рис.1,2). Перспективность данного проекта состоит еще в том, что многофункциональный комплекс «Туман» в последнем 3 поколении уже не техника «импорто-замещения», а, как показывают исследования Самарского ГАУ [10], техника «опережающего» развития».

**Условия и методы.** Исследования многофункционального комплекса «Туман-2»: мульти-инжектор и опрыскиватель второго поколения (рис.1) проводились Самарским ГАУ при внесении жидких минеральных удобрений КАС в сравнении с твердыми минеральными удобрениями-аммиачная селитра на опытных полях университета в различных по погодным условиям годы (2021г. - засушливый, 2022г.-благоприятный) с положительными результатами.



Рисунок 2 - Новая модель мульти-инжектора «Туман-3М» (а) и штангового опрыскивателя «Туман-3» (б) ООО «Пегас-Агро» (г. Самара).

Опыты (наблюдения) по соответствующим методикам закладывались на делянках и на производственных посевах ведущих аграрных предприятиях по культуре земледелия в Самарской обл. Главным при исследованиях изучалось влияние жидких удобрений КАС-32 (N, %-32) и КАС+S (N, %-26, S, %-1,4-3,0) при их дробном внесении-в разные фазы развития.

**Результаты и обсуждение.** В рекордный для РФ по урожайности сельхоз-культур 2022 год с выпавшими в районе опытного поля Самарского ГАУ осадками 580,4 мм, по оценке эффективности инновационного мульти-инжектора «Туман» в сравнении с опрыскивателем «Туман» (рис.1а,б) при внесении КАС+S с микроэлементами в фазу кущения озимой пшеницы получена прибавка урожайности относительно контроля с 51,7 до 78,5 ц/га или рост урожайности составил 52% (рис.2). При подкормке озимой пшеницы удобрениями КАС+S в фазу кущения мульти-инжектором урожайность по сравнению с контролем возросла с 51,7 до 65,5 ц/га (рис.1) - или на 26,7%, при добавлении в КАС+S гумата калия-5л/га и микроэлементов – Cu, Zn, Bг по 0,5 кг/га урожайность возросла до 76,9 ц/га или на 48,7 %. При совместном внесении жидких удобрений мульти-инжектором и опрыскивателем «Туман» была получена самая высокая урожайность - 78,5 ц/га, что на 51,8% выше контроля и выше (значительно) рекордно высокой урожайности по Самарской обл.-44,2 ц/га. Данные результаты получены в благоприятный для производства сельхоз-культур год, еще большая

эффективность от машин «Туман» ООО «Пегас-Агро» при внесении жидких удобрений КАС по сравнению с твердыми-аммиачная селитра была получена в засушливый 2021 год с выпавшими атмосферными осадками на 100 миллиметров меньше, чем в 2022 году, то есть когда повышается конкуренция за влагу, а на растворение твердых минеральных удобрений и доставки их к корневой системе растений требуется дополнительная влага.

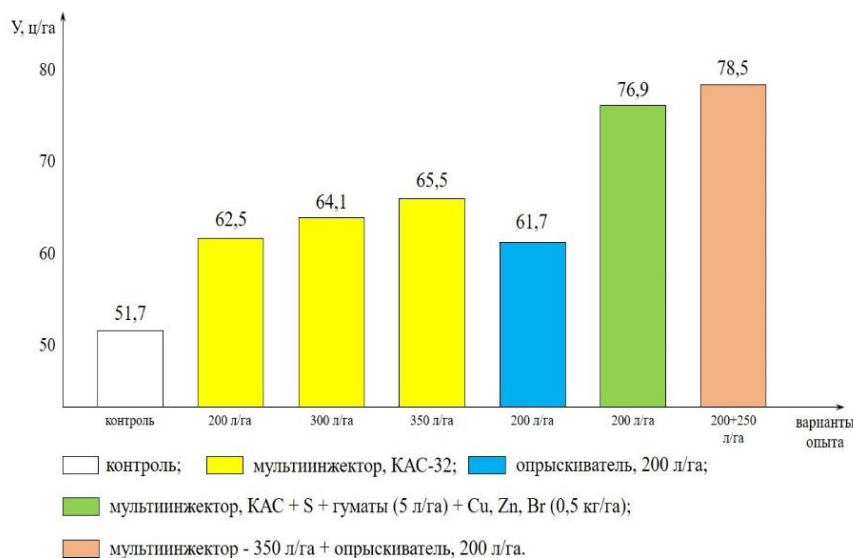


Рисунок 2 - Урожайность (ц/га) озимой пшеницы «Базис» при внесении удобрений КАС+S: поверхностно в фазу кущения опрыскивателем (О), внутри-почвенно мульти-инжектором (М) и совместно (О+М) по сравнению с контролем-без удобрений

Кроме повышения урожайности от КАС, вносимого агрегатами «Туман» отмечается их высокая эксплуатационная и технологическая надежность. Высокий технический уровень многофункционального комплекса «Туман» определяется условиями и оборудованием при его производстве. Построенный в 2022 году новый завод «Пегас-Агро» (рис.3) отвечает всем самым современным требованиям при производстве многофункциональных машин «Туман» высокотехнологичным оборудованием и обоснованной организацией производства (рис.4).



Рисунок 3—Завод «Пегас-Агро» в г. Самара по производству комплексов «Туман»





Рисунок 4 – Технологические линии и оборудование предприятия «Пегас-Агро» (г. Самара)

В марте 2023 года завод «Пегас-Агро» посетил с рабочим визитом заместитель председателя Правительства Российской Федерации - министр промышленности и торговли РФ Д.В. Мантуров с губернатором Самарской обл. Д.И. Азаровым (рис.5).

В это время с конвейера завода ежедневно сходило 6 машин в день.



Рисунок 5 – Зам. председателя правительства Р.Ф. Мантуров Д.В. с губернатором Самарской обл. Д.И. Азаровым и руководством завода АО «Пегас-Агро» (ген. директор С.А. Линник и коммерческий директор А.В. Синицина) на новом заводе в г Самара (открытые источники)

Руководство АО «Пегас-Агро» постоянно проводит на новом заводе - семинары, совещания, встречи с аграриями страны (практически в каждом регионе Российской Федерации имеются представительства) на актуальные темы АПК, осуществляет обучение инновационным технологиям с представителями различных фирм, поставляющих аграриям технологическое оборудование и агрохимические средства, знакомит с заводом, с



конструктивными особенностями новейших образцов техники «Туман», правильной и эффективной ее эксплуатацией, необходимым сервисным обслуживанием.

**Заключение.** Разработка российскими специалистами высокоэффективного, универсального, инновационного многофункционального комплекса «Туман» практически для всего перечня агрохимических работ в полеводстве и строительстве в сложнейших условиях уникального, современного завода «Пегас-Агро», является приоритетом инновационных, инженерных и конструкторских решений в России для успешного не только «импорто-замещения», а создание техники уровня «опережающего развития», что обеспечит сельское хозяйство нашей страны передовыми высоко-эффективными технологиями и техникой, в том числе с цифровым управлением.

#### Список источников

1. Сысоев А.М. Модернизация агропромышленного комплекса - основа импортозамещения /А.М. Сысоев//Известия Международной академии аграрного образования, 2015. - № 23. - С. 16-20.
2. Исаева О.В., Криничная Е.П. Государственная поддержка технической модернизации мно-гоукладного сельского хозяйства России: текущее состояние и направления совершенствования/О.В.Исаева, Е.П.Криничная//Вестник аграрной науки, 2022. - № 2 (95). - С. 126-133.
- 3.Криничная Е.П. Рынок сельскохозяйственной техники в России: современное состояние и тенденции развития/Криничная Е.П.//Вестник аграрной науки, 2022. - № 6 (99). - С. 110-118.
- 4.Криничная Е.П. Проблемы обновления и использования сельскохозяйственной техники в России/Е.П. Криничная//В сборнике: Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых АПК. Рассвет, 2021. С. 210-215.
5. Гаспарян И.Н., Сычев В.Г., Мельников А.В., Горохов А.С. Основы производства продукции растениеводства/И.Н. Гаспарян, В.Г.Сычев, А.В.Мельников, А.С.Горохов //Санкт-Петербург, 2021. - 372с.
6. Кухаренко А.А., Гайдук В.И., Гайдук Н.В.Перспективы развития отечественного рынка сельскохозяйственной техники/Кухаренко А.А., Гайдук В.И., Гайдук Н.В.//Московский экономический журнал, 2022. - Т. 7. № 8.
- 7.Оборин М.С. Возможности импортозамещения агропромышленного комплекса на основе интеграции в социально-экономическую систему субъектов РФ /М.С. Оборин// Менеджмент в АПК. 2021. - 2 (24). – С.10-18.
8. Борисов В.Н., Почукаева О.В. Развивающее импортозамещение как следствие роста конкурентоспособности инвестиционной техники.Развитие территорий/ В.Н.Борисов, О.В. Почукаева//Москва, 2022. - № 4. - С. 37-48.
- 9.Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении/ В.А. Милюткин//Монография. Кинель, 2021. - 181 с.
10. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрипочвенно и по-верхностно агрегатами «Пегас-Агро»/В.А.Милюткин, Н.Г.Длужевский, А.П.Цирулев, А.В. Попов А.В.//В сборнике: Актуальные вопросы агропромышленного комплекса России и за рубежом. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Шарифзяна Кадировича. Молодёжный, 2021. - С. 114-121.

## К ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Галина Михайловна Бураева<sup>1</sup>, Алексей Валерьевич Шистеев<sup>2</sup>, Михаил Кондратьевич Бураев<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

<sup>1</sup>lavaki2009@yandex.ru

<sup>2</sup>drive-er@yandex.ru

<sup>3</sup>buraev@mail.ru

***Аннотация.** В статье приведены анализ и результаты оценки возможности использования информационных технологий в системе технического сервиса сельскохозяйственной техники. Информационные технологии постепенно и неуклонно находят применение в агробизнесе и в некоторых его направлениях требуют длительной адаптации к сельскохозяйственной специфике отрасли. Цель исследования – разработка предпосылок информационной модели обеспечения работоспособности основных технических средств машинного производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания. Методы исследования - сравнение, графо-аналитический, моделирования, визуализации данных. Основные результаты - поставщики машин для села в настоящее время создают свои внутренние стандарты, как для выпускаемой техники, так и для технологий их обслуживания и ремонта. Сегодня машинно-тракторный парк представляет собой большую разнородность сельскохозяйственной техники по типажу, маркам и другим характеристикам. Владельцами машин являются многочисленные фермерские формирования и крупные агрохозяйства, имеющие разные технологические и финансовые возможности для технического сервиса сельхозтехники. В этих условиях меняются подходы к системе управления техническими обслуживанием и ремонтами машин. Выводы и обоснование новизны работы. Предпосылки создания информационной модели обусловлены развитием компьютерных технологий роботизации и автоматизации технологического процесса обслуживания и ремонта транспортно-технологических машин (ТТМ). Новизна предлагаемой концепции заключается в представлении информационной модели логически определенными совокупностями структурных элементов в виде носителей кодов условий эксплуатации, характеров отказов, параметров качества вокруг трех координатных осей, определяющих способ восстановления работоспособности.*

**Ключевые слова:** работоспособность, технический сервис, ТТМ, автоматизация, управление.

## TO THE INFORMATION MODEL OF TECHNICAL SERVICE IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Galina M. Buraeva<sup>1</sup>, Alexey V. Shisteev<sup>2</sup>, Mikhail K. Buraev<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup>lavaki2009@yandex.ru

<sup>2</sup>drive-er@yandex.ru,

<sup>3</sup>buraev@mail.ru

***Abstract.** The article presents the analysis and results of the assessment of the possibility of using information technologies in the system of technical service of agricultural technology. Information technologies are gradually and steadily finding application in agribusiness and in some*

*of its areas require long-term adaptation to the agricultural specifics of the industry. The purpose of the study is to develop prerequisites for an information model to ensure the operability of the main technical means of machine production of agricultural raw materials and food. Research methods - comparison, graph-analytical, modeling, data visualization. Main results - suppliers of machines for rural areas are currently creating their own internal standards, both for manufactured equipment and for their maintenance and repair technologies. Today, the machine and tractor fleet represents a large heterogeneity of agricultural machinery by type, brands and other characteristics. The owners of the machines are numerous farming formations and large agricultural farms that have different technological and financial capabilities for the technical service of agricultural machinery. In these conditions, approaches to the management system of maintenance and repairs of machines are changing. Conclusions and justification of the novelty of the work. Prerequisites for the creation of an information model are due to the development of computer technologies for robotization and automation of the technological process of maintenance and repair of TTM. The novelty of the proposed concept lies in the presentation of the information model by logically defined sets of structural elements in the form of carriers of operating conditions codes, failure patterns, quality parameters around three coordinate axes that determine the method of restoring operability.*

**Keywords:** efficiency, technical service, machine and tractor fleet, automation, management.

**Введение.** Насыщение сельского хозяйства техникой и оборудованием всегда было связано с проблемой их технического и ремонтного обслуживания [1]. В настоящее время эта проблема еще больше обозначила свои узкие места в связи с появлением, а местами преобладанием, импортной техники в структуре транспортно-технологических машин от разных производителей, устанавливающих свои стандарты и критерии обслуживания. Российские производители машин также устанавливают свои требования на ТО и ремонт, которые отличаются от существующих рекомендаций. В результате в регионах наблюдается разноплановый подход в организации системы технического сервиса. Ушли в небытие централизованные методы обслуживания сельскохозяйственной техники («Сельхозтехника», РТП, МТС), на смену им пришли частники и разные зависимые и независимые от производителя машин дилеры [1, 2].

**Цель исследования.** Разработка предпосылок информационной модели обеспечения работоспособности основных технических средств машинного производства сельскохозяйственного сырья и продуктов питания.

**Методика исследования** - сравнение, графо-аналитический, моделирования, визуализации данных. Для создания приемлемых условий владельцам техники вопросы технического и ремонтного обслуживания должны выйти на новый эволюционный виток. Тенденции развития этой темы за рубежом говорят сами за себя. В конце 90-х годов прошлого столетия была апробирована и внедрена система CMMS (от Computerized Maintenance Management Systems – компьютерные системы управления техобслуживанием и ремонтами). Затем появились концепции ZBS (Zero Breakdown Strategy – стратегия функционирования без отказов), TQM (Total Quality Management, всеобщий контроль качества), TPM (Total Productive Maintenance – всеобщее и продуктивное управление). Появлению этих концепций предшествовало повышение требований к отказоустойчивости и безопасности машин, обилие накапливаемой информации о техническом состоянии и необходимость в стандартизации интерфейсов обмена данными [3, 4].

Новые формализованные концепции управления техническим обслуживанием и ремонтом на протяжении всего жизненного цикла машины позволяют осуществлять многомерный анализ данных и визуально отображать состояние ключевых показателей эффективности предприятия [5]. Появился соответствующий термин – Asset Performanc

Management. В соответствии со значимостью между показателями устанавливается связь, проводится их оперативный мониторинг и сопоставление с нормативными значениями. Примером реализации такого подхода могут быть ЕАМ-системы по техническому обслуживанию и ремонту имеющие модульную структуру, состав которой может меняться в зависимости от конкретных потребностей. Например, центральные модули «Оборудование» и «Ремонты». Вспомогательные – модули «Каталог запчастей», «Склад» и «Снабжение», «Эффективность оборудования», «Процедуры учета», «Документооборот» «SWOT-анализ» [4, 5].

**Результаты.** Сегодня имеются примеры внедрения ЕАМ-систем в сервисных центрах ТТМ, где представлены несколько решений для дилеров, которые соответствуют концепции автоматизации сервисно-технического обслуживания. Система обеспечения работоспособности машин может быть представлена в виде трехмерной базы данных, в которой одна координата определяет показатель качества обслуживания, вторая – условия эксплуатации, третья – вид отказа (рисунок 1) [6].

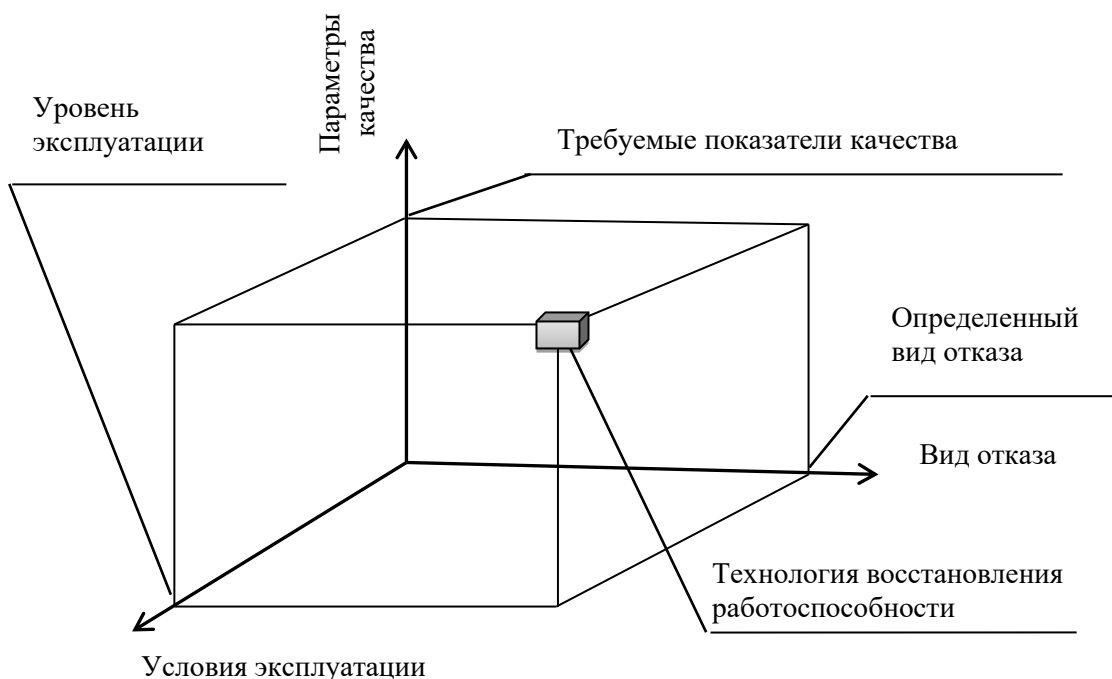


Рисунок 1 – Общий вид структурного элемента базы данных для системы обеспечения работоспособности машин [1]

Пользователю необходимо заполнить кодами трех систем соответствующие три грани. При этом не все грани могут быть заполнены. При вводе параметров могут отображаться несколько технологий восстановления работоспособности, из которых выбор может быть за экономичными технологиями с учетом возможностей производства и необходимого качества обслуживания [7].

В общем виде оптимальное обслуживание, обеспечивающее необходимый уровень качества, удовлетворяет зависимости

$$F(K)=B \quad (1)$$

$F$  – функция, характеризующая способ описания процессов обслуживания;

$K$  – матрица обслуживающего воздействия;

$B$  – матрица параметров качества обслуживания.

Исходные данные условий эксплуатации и ремонта машины формируют матрицу качества обслуживания [6, 9, 10]. К числу операций, входящих в процесс ремонта, относятся моечно-очистные и разборочные операции, имеющие свою специфику в ремонтном производстве. Подлежащие разборке узлы и агрегаты после длительной эксплуатации загрязнены, изношены, крепежные соединения труднодоступны и разнохарактерны, при снятии креплений следует обеспечить целостность высвобождаемых деталей. Все это осложняет разборочно-моечные работы и ставит их на одно из последних мест по технико-социальному уровню, но от них во многом зависит послеремонтное качество и эксплуатационная надежность техники. Например, неполное удаление загрязнений перед сборкой узлов и агрегатов снижает послеремонтный ресурс машины на 20-30 %. Работы по мойке и очистке узлов и машин отличаются значительным объемом ручного труда и вредными условиями производства, что требует комплексной механизации и автоматизации технологических процессов с использованием робототехнических средств. В полной мере это относится к разборке практически всех ТТМ и их агрегатов отечественного и иностранного производства с применением необходимых устройств, обеспечивающих минимально возможные затраты ручного труда [8, 2].

Матрица  $K$  формируется конечным числом методов технологического воздействия  $K^*$  обеспечивающих заданный критерий качества  $B^*$ . В большинстве случаев устанавливается в соответствии с видом отказа и технологическими требованиями  $L^*$  на проведение ремонтных работ.

Ремонт машин достаточно сложный и трудоемкий процесс, отнимающий много сил и времени. Информационные технологии помогают существенно упростить трудоемкие процессы на производстве и сократить количество второстепенных операций оператора-ремонтника при проведении ремонтных работ.

Представленное (рис.1) графическое изображение объема информации в дальнейшем составит основу информационной модели технологического блока ремонта ТТМ (критерий идентификации реального технологического воздействия)

$$I = [a_1 K^* + a_2 L^* + a_3 B^*] \quad (2)$$

где  $a_1, a_2, a_3$  – коэффициенты значимости параметров матриц.

Реализация модели с использованием экспериментальных данных позволит уточнить диапазон технологических воздействий по критериям стендовой и натурной долговечности машин.

**Выводы.** Информационные технологии существенно расширяют функции управления техническим состоянием машин, в том числе импортных, конструкции которых оснащены системами искусственного интеллекта, способствуют внедрению технологий логистической поддержки системы технического сервиса на этапах жизненного цикла машин (закупки ремонтных ресурсов и управление складскими запасами, людскими ресурсами (ремонтным персоналом), сопутствующим документооборотом и т.д.). Предпосылки создания информационной модели обусловлены развитием компьютерных технологий роботизации и автоматизации технологического процесса обслуживания и ремонта ТТМ. Новизна предлагаемой концепции заключается в представлении информационной модели логически определенными совокупностями структурных элементов в виде носителей кодов условий эксплуатации, характеров отказов, параметров качества вокруг трех координатных осей, определяющих способ восстановления работоспособности.

### Список источников

1. Черноиванов, В. И. История организации ГОСНИТИ / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин // Технический сервис машин. – 2020. – № 4(141). – С. 165-175. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-4-165-175. – EDN PNVYRW.
2. Бураева, Г. М. К методике оценки факторов технического сервиса ТТМ / Г. М. Бураева, А. В. Шистеев // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы XI Международной научно-практической конференции, Иркутск, 28–29 апреля 2022 года. – п. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 236-243. – EDN ZMDILW.
3. Ерохин, Е. А. Эволюция систем технического обслуживания и ремонта оборудования / Е. А. Ерохин, А. Н. Осинцев // Организатор производства. – 2009. – № 4(43). – С. 37-41. – EDN LAIYMJ.
4. Мировые тенденции интеллектуализации сельского хозяйства: Научный аналитический обзор / В. Ф. Федоренко, В. И. Черноиванов, В. Я. Гольдяпин, И. В. Федоренко. – Москва : ФГБНУ "Росинформагротех", 2018. – 232 с. – ISBN 978-5-7367-1434-6. – EDN XZVBVZ.
5. Бураева, Г. М. Оценка внешних и внутренних факторов организации технического сервиса машин в АПК / Г. М. Бураева // Технический сервис машин. – 2022. – № 4(149). – С. 13-20. – DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-4-13-20. – EDN OXUHEG.
6. Черныш, А. П. Конструкторско-технологическое обеспечение надежности машин агропромышленного комплекса при ремонте путем формирования технологических ремонтных блоков / А. П. Черныш. – Москва : Редакция журнала "Достижения науки и техники АПК", 2013. – 320 с. – ISBN 978-5-902282-24-2. – EDN RJLYNP.
7. Черныш, А. П. Модульное восстановление поверхностей рабочих органов машин с применением технологических ремонтных блоков / А. П. Черныш // Сельский механизатор. – 2017. – № 12. – С. 40-41. – EDN YNUZHD.
8. Модель объекта исследования при системном подходе / Б. Е. Дамбаева, В. А. Петров, Д. Н. Раднаев [и др.] // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года : Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС(Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения), Якутск, 17 ноября 2022 года. – Якутск: Издательство "Знание-М", 2022. – С. 244-247. – EDN MWKFMH.
9. Раднаев, Д. Н. Применение метода планирования эксперимента при оптимизации параметров посевного рабочего органа / Д. Н. Раднаев, Б. Е. Дамбаева, М. М. Шадрин // Приоритетные направления научно-технологического развития аграрного сектора России : Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки, Улан-Удэ, 06–10 февраля 2023 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2023. – С. 401-407. – EDN LKNFBW.
10. Информационные технологии в обеспечении качества подготовки студентов по направлению «Биотехнические системы и технологии» / Л. Е. Полякова, С. С. Ямпилев, С. Ж. Гылыкова [и др.] // Формирование компетенций в условиях современных потребностей рынка труда : Сборник статей международной научно-методической конференции, Улан-Удэ, 18–19 марта 2020 года. Том Выпуск 27. – Улан-Удэ: Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, 2020. – С. 32-36. – EDN QGZCNH.



## ПОТРЕБНОСТЬ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ ДЛЯ АГРЕГАТОВ ТРАНСМИССИИ С УЧЕТОМ ЗОНАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ

Александр Юрьевич Жабин<sup>1</sup>, Юрий Евгеньевич Труфанов, Михаил Кондратьевич Бураев<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

<sup>1</sup>zhabin1961@gmail.com

<sup>2</sup>buraev@mail.ru

***Аннотация.** Рассмотрен один из подходов экспериментального исследования ресурса деталей трансмиссии машин эксплуатируемых в зональных условиях Иркутской области. Цель исследования – разработка методики оценки ресурса деталей машин в эксплуатационных условиях. Методы исследования – экспертный анализ, графо-аналитический, математическая статистика. Основные результаты - различие условий эксплуатации сельскохозяйственной техники от умеренных до суровых климатических условий в значительной степени влияет на техническое состояние машин и вызывает необходимость его исследования на предмет корректирования расхода запасных частей и материалов при техническом сервисе. В условиях экономической нестабильности, роста цен на технику, оборудование, запасные части, горюче-смазочные материалы, транспортные перевозки и т.д. эти исследования могут сыграть положительную роль поддержки воспроизводства в этих районах. Вывод – поправка к нормам распределения запасных частей, подверженных воздействию климатических условий имеют тенденцию в сторону увеличения.*

**Ключевые слова:** зональные условия, запасные части, трансмиссия, коэффициент, исследования.

## THE NEED FOR SPARE PARTS FOR TRANSMISSION UNITS, TAKING INTO ACCOUNT ZONAL CONDITIONS

Alexandr Y. Zhabin<sup>1</sup>, Yuri E. Trufanov, Mikhail K. Buraev<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup>zhabin1961@gmail.com

<sup>2</sup>buraev@mail.ru

***Abstract.** One of the approaches of experimental research of the resource of transmission parts of machines operated in the zonal conditions of the Irkutsk region is considered. The purpose of the study is to develop a methodology for assessing the resource of machine parts in operational conditions. Research methods – expert analysis, graph-analytical, mathematical statistics. The main results are that the difference in the operating conditions of agricultural machinery from moderate to severe climatic conditions significantly affects the technical condition of machines and causes the need for its study for the correction of the consumption of spare parts and materials during technical service. In conditions of economic instability, rising prices for machinery, equipment, spare parts, fuels and lubricants, transportation, etc. these studies can play a positive role in supporting reproduction in these areas. Conclusion – the amendment to the norms for the distribution of spare parts exposed to climatic conditions tends to increase.*

**Keywords:** zonal conditions, spare parts, transmission, coefficient, research.

**Введение.** Существенное ухудшение показателей надежности сельскохозяйственной техники, повышение затрат и снижение производительности происходит, в числе многих

причин, по мере повышения жесткости климата. Высокая стоимость запасных частей, ограниченное информационное обеспечение со стороны изготовителя по вопросам надежности составных частей машин делают тему исследований по обоснованию и уточнению норм потребности запасных элементов зависимости от климатической зоны эксплуатации машин актуальной, имеющей практическое значение [1, 2, 3]. В работах В. М. Михлина [4] и других авторов рассмотрены методы и принципы установления предельных и допускаемых отклонений параметров состояния деталей с учетом условий эксплуатации и на этой основе прогнозируется потребность в запасных частях при техническом сервисе машин [5]. В ряде работ сотрудников ИСХИ, СибИМЭ, НГАУ, Кем СХИ и др. в качестве основных зональных факторов эксплуатации выделены климатические: температура окружающей среды, амплитуда ее колебаний, ветер и загрязненность воздуха пылью.

**Цель работы** – обосновать необходимость разработки рекомендаций по уточнению нормативов запасных частей с учетом показателей вариации фактических отклонений параметров от теоретических реализаций, зависящих от эксплуатационных условий работы машин и их составных частей.

**Материалы и методика исследований.** Многообразие факторов [6], влияющих на машину в эксплуатации (климатические и дорожные условия, производственно-техническая база предприятий, персонал и т.д.), затрудняет определение весомости каждого из них [7]. Поэтому условия эксперимента необходимо установить такими, при которых максимально возможное количество побочных факторов имело бы не существенное значение.

**Результаты и обсуждение.** Экспертными исследованиями выявлены три основные зоны сельскохозяйственной специализации Иркутской области [8], где биоклиматический дискомфорт ассоциируется с суровостью климата и зависит, главным образом, от жесткости температурного и ветрового режимов (таблица 1).

Таблица 1 – Агроклиматические характеристики основных сельскохозяйственных зон Иркутской области

Территориально-производственное образование	Продолжительность вегетационного периода, дней	Сумма активных температур, °С	Годовая сумма осадков, мм
<i>Лесостепная зона (умеренно-холодный климат)</i>			
Иркутско-Черемховское Зиминско-Тулунское	115-125	1850	300-400
<i>Таежная зона (холодный климат)</i>			
Тайшетское Братско-Усть-Илимское	110-125	1750	350-500
<i>Горно-таежная зона (очень холодный климат)</i>			
Верхнеленское Мамско-Бодайбинское	95-115	1200-1600	300-500

Значение обобщенного коэффициента корректирования норм расхода деталей трансмиссии можно представить в виде произведения трех сомножителей [7]

$$k_{T0} = k_{T1} * k_{T2} * k_{T3}(1)$$

где  $k_{T1}$  – коэффициент, учитывающий износ при изменении температуры масла в агрегатах трансмиссии во время работы машины относительно её среднего значения;

$k_{T2}$  – коэффициент, учитывающий износ от повышения удельной нагрузки в

сопряжениях при преодолении более плотной воздушной среды;

$k_{T3}$  – коэффициент, учитывающий износы трансмиссии при её пуске-прогреве.

Учитывая результаты исследований [1], износами, имеющими место при изменении температуры масла в агрегатах трансмиссии от 0 до плюс 90 °С, можно пренебречь. Поэтому значение коэффициента  $k_{T1}$  берем равным единице.

Значение коэффициента  $k_{T2}$  в соответствии с выражением (1) может быть представлено в виде:

$$k_{T2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^m \quad (2)$$

Для шестеренчатых передач, валов, подшипников, характеризующихся высоким контактным нагружением, величина показателя степени « $m$ » обычно берется равной 3 [2, 5].

Теоретическое определение коэффициента  $k_{T3}$  представляет интерес, поскольку позволяет количественно охарактеризовать роль производственно-технической базы в зональных условиях. Решение этой задачи через обобщенные коэффициенты  $k_{TO}$  целесообразно определять статистическим путем [7, .

Доля износа, приходящаяся на прочие факторы являются наибольшей. Причина подобного положения в недостатке в районах холодного климата крытых (отопливаемых) стоянок, как в местах основного базирования техники, так и на местах использования по назначению.

Увеличение коэффициента  $k_{T2}$ , связанное с повышением удельной нагрузки в деталях силовой передачи трансмиссии вследствие преодоления машиной возросшего сопротивления внешней среды, для зоны очень холодного климата (Крайний Север), составляет по сравнению с зоной умеренного климата 56%.

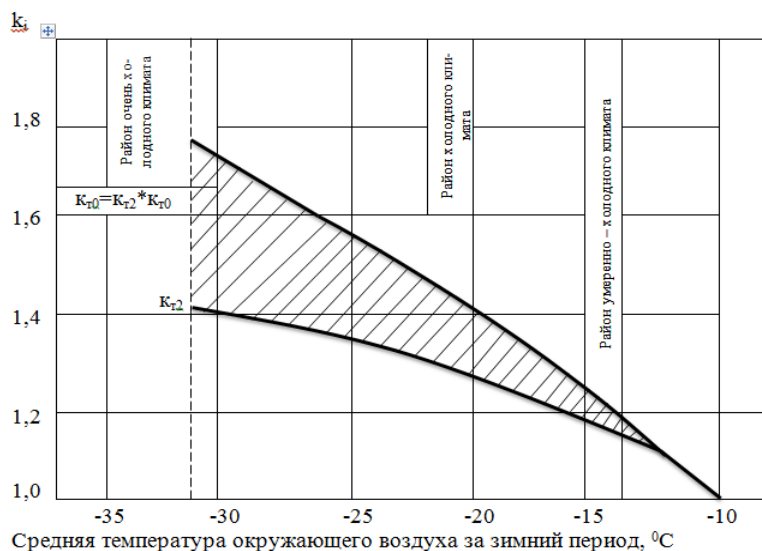


Рисунок 1 – Изменение обобщенного коэффициента корректирования норм расхода деталей трансмиссии и его составляющих по районам эксплуатации

Отсюда на прочие причины (площадь заключенную между линиями  $k_{T2}$  и  $k_{T0}$ ) также приходится значительная часть ресурса деталей трансмиссии – 44%. К этим причинам следует отнести прежде всего повышенные износы деталей трансмиссии в период пуска при трогании машины с места после длительной стоянки. Особенно, при температурах воздуха ниже температуры застывания трансмиссионного масла. В этом случае шестерни силовой передачи в замершем масле прорезают лунку и находятся в течение относительно длительного времени

(15-20 мин.) в неблагоприятных условиях смазки – до тех пор, пока не произойдет прогрев трансмиссии и температура масла в его узлах не поднимется до значения плюс 20-30 °С, обеспечивая надежное его поступление в зону трения и образование прочной масляной пленки на контактируемых поверхностях. Таким образом, разделение износов деталей по составляющим не только поднимает вопрос о совершенствовании нормативов технической эксплуатации, но и заостряет внимание на проблеме развития производственно–технической базы хозяйств в условиях холодного климата.

**Вывод.** Проведенные аналитические и экспериментальные исследования позволили сформулировать и доказать целесообразность стратегии зонального распределения запасных частей, при которой поправка в сторону увеличения распространяется только на нормы подверженных воздействию климатических условий деталей.

#### Список источников

1. Бураев, М. К. Обеспечение работоспособности автотракторной техники корректированием расхода запасных частей при техническом сервисе / М. К. Бураев, А. В. Шистеев // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 3(74). – С. 69-76. – EDN CLTLKQ.
2. Бураев, М. К. Оценка износа и годности деталей тракторов / М. К. Бураев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2006. – № 6. – С. 13-16. – EDN HVBQXV.
3. Винокуров М. А. Экономика Иркутской области: В 4 т. / М.А. // – Иркутск: Изд-во: БГУЭП, 1999, Том 2.
4. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин // 1. Черноиванов, В. И. История организации ГОСНИТИ / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин // Технический сервис машин. – 2020. – № 4(141). – С. 165-175. – DOI 10.22314/2618-8287-2020-58-4-165-175. – EDN PNVYRW.
4. Бураева, Г. М. Оценка внешних и внутренних факторов организации технического сервиса машин в АПК / Г. М. Бураева // Технический сервис машин. – 2022. – № 4(149). – С. 13-20. – DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-4-13-20. – EDN OXUNEG.
5. Гамбаль М. Ю. Оптимизация потребности запасных частей большегрузных автосамосвалов на карьерах Севера : дисс. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Гамбаль Максим Юлианович. – Иркутск : ИрГТУ, 2008.- 141 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/764.
6. Шистеев А. В. Обеспечение работоспособности тракторов «New Holland» на основе резервирования сменно-обменных элементов при техническом сервисе / А. В. Шистеев, М. К. Бураев, А.И. Аносова, М.К. Бураев, В.А. Беломестных С. Ю. Луговнин // Вестник АлтГАУ. – 2016. – № 9. – С. 93-99.
8. Зырянов, И. В. Обоснование риска дефицита запасных частей для ТО и ремонта большегрузных автосамосвалов на карьерах АК "АЛРОСА" / И. В. Зырянов, А. И. Шадрин, М. Ю. Гамбаль // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – № 6. – С. 31-34. – EDN KJBKNB.
9. Голубев, И. Г. Анализ методик определения потребности в запасных частях при техническом сервисе / И. Г. Голубев, Н. В. Ермолин // Новые методы ремонта и восстановления деталей сельскохозяйственных машин : Материалы Международной научно-технической конференции : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2001. – С. 34-40. – EDN UCJJNV.
10. Катаев, Ю. В. Организация технического сервиса машинно-тракторного парка на региональном уровне / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха, Д. Г. Вялых // Наука без границ. – 2017. – № 11(16). – С. 60-64. – EDN ZVLKYN.
11. Контроль качества запасных частей редуктора конечной передачи МТЗ-82.1 / Д. М. Скороходов, К. А. Краснящих, Ю. В. Катаев [и др.] // Сельский механизатор. – 2020. – № 7. – С. 30-32. – EDN FJAXIL.

## СОУДАРЕНИЕ КЛУБНЯ С ПРУТКОВОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Александр Викторович Кузьмин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Иркутск, Россия

<sup>1</sup>kuzmin\_burgsha@mail.ru

***Аннотация.** В нашей работе представлено рассмотрение особенностей внутреннего строения клубня для понимания взаимодействия клубней с поверхностью рабочих органов картофелеуборочных машин. В Федеральной научно-технической программе РФ уделяется особое внимание разделу картофелеводства. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского участвует довольно успешно в выведении адаптивных сортов картофеля для Иркутской области. Развитие картофелеводства сдерживает фактор механических повреждений клубней при механизированной уборке. В настоящее время все или почти все расчеты по прочности клубней картофеля можно проводить используя феноменологическую теорию прочности, основанную на механике сплошных сред. Таким образом, при прочностных расчетах ударного взаимодействия клубней картофеля с рабочими органами уборочных машин возможно использовать закон Гука. Применение разработанных математических моделей, основанных на анализе внутреннего строения клубня может быть полезным при расчете конструкции рабочих органов машин.*

**Ключевые слова:** механические повреждения, клубни, рабочие органы, уборочные машины.

## TUBER COLLISIONS WITH A BAR SURFACE OF WORKING BODIES

Alexander V. Kuzmin <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

<sup>1</sup>kuzmin\_burgsha@mail.ru

***Abstract.** Our work presents a review of the features of the internal structure of the tuber to understand the interaction of tubers with the surface of the working bodies of cardboard harvesting machines. The Federal Scientific and Technical Program of the Russian Federation pays special attention to the potato growing section. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Yezhevsky participates quite successfully in breeding adaptive potato varieties for the Irkutsk region. The development of potato growing is hindered by the factor of mechanical damage to tubers during mechanized harvesting. Currently, all or almost all calculations on the strength of potato tubers can be carried out using the phenomenological theory of strength based on continuum mechanics. Thus, when strength calculations of the impact interaction of potato tubers with the working bodies of harvesting machines, it is possible to use Hooke's law. The application of the developed mathematical models based on the analysis of the internal structure of the tuber can be useful in calculating the design of the working bodies of machines.*

**Keywords:** selection, damage, assessment, stability, tuber, kinematic parameters, technical means.

**Введение.** В настоящее время в Российской Федерации появилась возможность развития сельскохозяйственной отрасли в связи с международной политикой [1]. В частности, это относится и к картофелеводству, которое занимает традиционно важное место в нашей стране. Да и другие страны тоже развивают эту отрасль, так определенных успехов в

картофелеводстве сейчас, например, достигли Китай, Индия, США и т.д. В РФ, в частности, развивается селекция сортов картофеля. В Иркутском ГАУ имеются кадры селекционеров–картофелеводов: Бурлов С.П., Большешапова Н.И. и другие, проводятся селекционные работы и изучаются новые гибридные комбинации картофеля [2, 3]. Так, например, выведены сорта: Бабр, Нерпенюк, Сарма и другие.

Но все работы в картофелеводстве ограничены величиной и количеством повреждений клубней [4]. Поэтому существует огромный интерес к изучению повреждений и строению клубней картофеля [5, 6, 7, 8]. Поэтому необходимы разработки технических средств для механизации и автоматизации различных технологических процессов, уменьшающих механические повреждения клубней [9, 10].

Таким образом, изучение внутреннего строения клубня в связи с механическими повреждениями при уборке картофеля машинами достаточно актуальная задача.

**Цель** данной статьи – изучение особенностей внутреннего строения клубня для понимания взаимодействия клубней с поверхностью рабочих органов картофелеуборочных машин.

**Условия и методы.** В статье использован математический анализ процессов, происходящих внутри клубня при ударном взаимодействии с рабочими органами уборочных машин, а также применяются различные методы: статистический и логический.

**Результаты и их обсуждение.** Представим процесс взаимодействия клубня с отдельными прутками внутренней поверхности уборочной машины. Например, клубень падает с наклонной площадки и ударяется с внутренней поверхностью установки (рисунок 1).

Тогда  $S_x$  и  $S_y$  составляющие ударного импульса, параллельных осям координат для клубня (тело А) и прутка внутренней поверхности уборочной машины (тело В), а также моменты количества движения запишутся в виде:

$$\begin{aligned} S_y &= m_A(v'_{yA} - v_{yA}); I_A(\omega'_A - \omega_A) = -S_x y_C + S_y x_C & (1) \\ -S_y &= m_B(v'_{yB} - v_{yB}); I_B(\omega'_B - \omega_B) = -S_x y_D + S_y x_D \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_x &= m_A(v'_{xA} - v_{xA}); V'_A - V'_B = -k(V_A - V_B) & (2) \\ -S_x &= m_B(v'_{xB} - v_{xB}); S_x \leq fS_y \end{aligned}$$

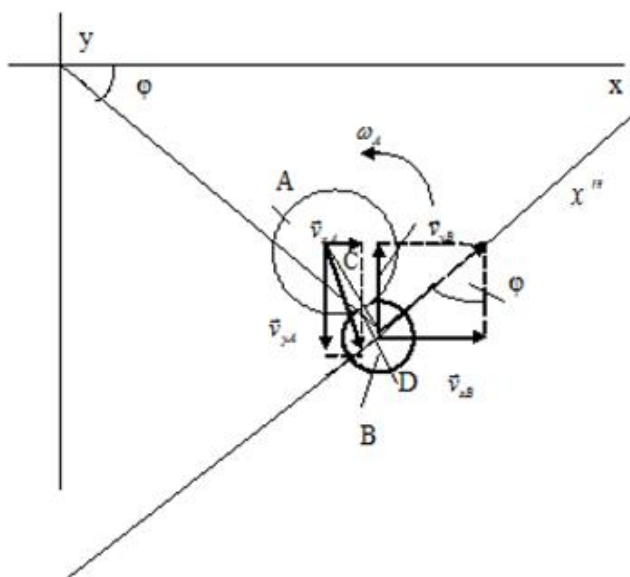


Рисунок 1 – Соударение клубня с прутком рабочего органа уборочной машины



Тогда при ударе клубня с прутком возможны 3 варианта: 1) удар сбоку; 2) удар сверху; 3) удар между прутками (рисунок 2).

В первом случае (рисунок 2). имеем:

$$S_y = \frac{(1+k)(v_{yB}-v_{yA}-\omega_A \cdot r_A) \cdot m_A \cdot m_B}{m_A+m_B}, \quad (3)$$

$$\omega'_A = \omega_A + \frac{S_y}{I_A}(x_c - fy_c)$$

где:

$$x_c = x - r_B,$$

$$y_c = y - r_B.$$

Во втором случае получим:

$$S_y = \frac{(1+k)(v_{yB}-v_{yA}) \cdot m_A \cdot m_B}{m_A+m_B}, \quad (4)$$

$$\omega'_A = 0$$

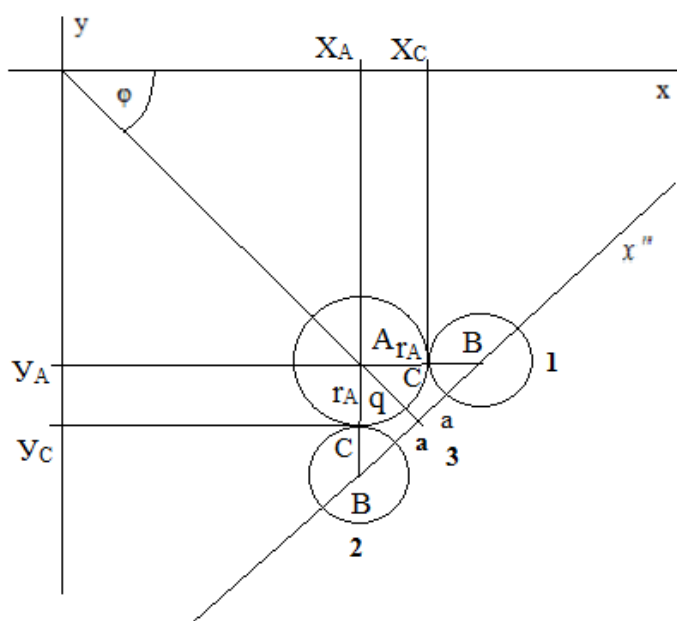


Рисунок 2 – Варианты соударения клубня с прутком рабочего органа уборочной машины 1 – горизонтальный удар; 2 – вертикальный удар; 3 – одновременный удар о два прутка

В третьем случае:

$$S_y = \frac{(1+k)(v_{yB}-v_{yA}-\omega_A \cdot r_A \cos \delta) \cdot m_A \cdot m_B}{m_A+m_B} \quad (5)$$

$$\omega'_A = \omega_A + \frac{S_y}{I_A}(x_c - fy_c),$$

где:

$$x_c = (x - qc \cos \varphi) + r_A \cos \delta,$$

$$y_c = (y - q \sin \varphi) + r_A \sin \delta,$$

$$\delta = \varphi - \theta, \varphi = \arccos\left(\frac{x}{R}\right),$$

$$\theta = \arctg\left(\frac{a}{q}\right), q = \sqrt{(r_A + r_B)^2 - a^2},$$

$$a = \frac{t}{2},$$

$t$  – шаг прутков, м.

Тогда, учитывая коэффициент сопротивления движению клубня по наклонной площадке  $f$ , мы получили следующие данные: при  $f = 0,6745$  (минимальном, найденным экспериментальным путем) в случае горизонтального удара линейная скорость отскока клубня после удара 1,71 м/с, а угловая скорость клубня после отскока 1,67 с<sup>-1</sup>; в случае вертикального удара угловая скорость после отскока 1,16 с<sup>-1</sup>; в случае же одновременного удара о два прутка угловая скорость после отскока 0 с<sup>-1</sup>.

При максимальном коэффициенте сопротивления движению клубня  $f = 1,88073$  в случае горизонтального удара линейная скорость отскока клубня после удара 1,84 м/с, а угловая скорость клубня после отскока 3,89 с<sup>-1</sup>; в случае вертикального удара угловая скорость после отскока 4,1 с<sup>-1</sup>; в случае же одновременного удара о два прутка угловая скорость после отскока 0 с<sup>-1</sup>.

Следовательно, решая приведенные выше уравнения можно определить кинематические параметры клубней, на основании чего установить рациональные размеры и режимы работы разрабатываемой уборочной машины.

**Выводы.** Итак, анализируя наши уравнения, мы пришли к заключению: линейная скорость отскока клубня после удара 1,71 - 1,84 м/с, что соответствует уровню, имеющему место в реальных стандартных уборочных машинах.

#### Список источников

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_223631/5223937f0c160937f22f0fc39f33770fe3f0674b/)
2. Дмитриев, Н.Н. Становление и развитие научной школы агроэкологии Предбайкалья. / Н.Н. Дмитриев А. А. Мартемьянова, Р.В. Замашиков, Е.Ш. Дмитриева // Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА". 2021; выпуск 5(106). – С. 29-41. 2020; 101:14-22. DOI: 10.51215/1999-3765 – EDN: FVALMB
3. Окладчик, С.А. Картофелеводство в хозяйствах Иркутской области. "Научно-практический журнал "Вестник ИрГСХА"; 2020; 101:49-58. DOI: 10.51215/1999 – EDN: JDMMHE
4. Колошеин, Д.В., Маслова, Л.А. Анализ механических повреждений клубней картофеля при уборке. / Д.В. Колошеин, Л.А. Маслова. В сборнике: Научно-инновационные аспекты аграрного производства: Перспективы развития // Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова. Рязань, 2022. С. 111-116 – EDN: RJZEQF
5. Мишхожев, А.А. Оболочки клеток клубней - основа их структурной организации и прочности // NovaInfo.Ru. 2016. Т. 2. № 42. С. 44-47. – EDN: VQFIKT

6. Успенский И.А. и др. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство/ И.А. Успенский, И.А. Юхин, А.А. Голиков //Техника и оборудование для села. 2019. № 10 (268). С. 26-29. – EDN: АСРЕМХ

7. Романов, М.Н. Уменьшение повреждения клубней при посадке картофеля / М.Н. Романов. В книге: Студенческая наука – первый шаг к цифровизации сельского хозяйства.// Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции, посвященной 90-летию ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, в 3 ч.. Чебоксары, 2021. С. 380-381.– EDN: ZHSPYR

8. Пазова, Т.Х., Мишхожев, А.А. Виды повреждений клубней картофеля. / Т.Х. Пазова, А.А Мишхожев. В сборнике: Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях. // Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых учёных. Научный редактор: В.П. Зволинский. 2015. С. 40-42.– EDN: WYGGUB

9. Пат. 2210881 Российская Федерация, МПК7 А 01 D 17/00. Картофелеуборочный комбайн / С.В. Сосоров, Ч.Е. Арданов, Ю.А. Сергеев, А.В. Кузьмин; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия - ФГОУ - ВПО. - № 2001112455/13; заявл. 04.05.2001; опубл. 27.08.2003, Бюл. № 24. - 5 с. –EDN: ZNURLF

10. Пат. 2110057 Российская Федерация, МПК G 01 N 3/32. Имитатор повреждения клубней / А.В. Кузьмин, Д.Б. Лабаров; заявитель и патентообладатель Бурятская государственная сельскохозяйственная академия - ФГОУ - ВПО. - № 95121255/13; заявл. 05.12.95; опубл. 27.04.98. - Бюл. №12. - 3 с. – EDN: ZAJVRK

## ОБЗОР МАШИН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОГО И ПОСЛЕПОСЕВНОГО ПРИКАТЫВАНИЯ ПОЧВЫ

Александр Юрьевич Николенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

<sup>1</sup>nikolenko.145@gmail.com

***Аннотация.** В современных условиях разнообразия и конкурентной борьбы разнообразие сельскохозяйственных машин значительно увеличилось. В таких условиях избыточного предложения самых разных устройств для выполнения прикатывания почвы, потребителю стало намного сложнее подобрать машину, подходящую именно ему. В этой статье мы рассмотрим основные параметры этих машин. Проанализировав различия в производительности и качестве поверхностной обработки мы определили плюсы и недостатки каждой из исследуемых машин. Так стоит отметить что прикатывание почвы является важным аспектом в технологии производства многих культур. При неправильном подборе этих агрегатов приводит не только к потери производительности, но и к снижению качества производимой продукции. Катки различных производителей в процессе работы должны соблюдать принятые агротребования не переуплотнять почву и не превращать поверхностный слой в пылевидную массу. Сравнивая импортные катковые машины с аналогичными машинами отечественного и Белорусского производства основным главным отличием можно определить стоимость данных машин и значительное различие в ремонтпригодности. Так за повышенную стоимость иностранных образцов мы получим небольшое увеличение производительности и качества обработки, но проиграем в ремонтпригодности относительно проверенных отечественных аналогов. В современных условиях работы сельскохозяйственной отрасли избыточные простои на ремонт и обслуживание не допустимы, а ремонт на сегодняшний день машин иностранного производства может занимать длительный промежуток времени. В статье мы рассмотрели значительный перечень машин дали им краткую характеристику определили плюсы и минусы у каждой модели и выделили по совокупности параметров наиболее конкурентоспособные образцы.*

**Ключевые слова:** предпосевное прикатывание, послепосевное прикатывание, каток, модульный каток, уплотнение почвы, зубчатый каток.

## OVERVIEW OF MACHINES FOR PRE-SOWING AND POST-SOWING SOIL ROLLING

Alexander Y. Nikolenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>nikolenko.145@gmail.com

***Abstract.** In modern conditions of diversity and competition, the variety of agricultural machinery has increased significantly. In such conditions of an oversupply of a variety of devices for rolling the soil, it has become much more difficult for the consumer to find a car that suits him. In this article we will look at the main parameters of these machines. After analyzing the differences in performance and quality of surface treatment, we identified the pros and cons of each of the machines studied. So it is worth noting that the rolling of the soil is an important aspect in the production technology of many crops. If these units are selected incorrectly, it leads not only to a loss of productivity, but also to a decrease in the quality of the products produced. Rollers of various*

*manufacturers in the process of work must comply with the accepted agricultural requirements not to over-compact the soil and not turn the surface layer into a pulverized mass. Comparing imported roller machines with similar machines of domestic and Belarusian production, the main difference can be determined by the cost of these machines and a significant difference in maintainability. So for the increased cost of foreign samples, we will get a slight increase in productivity and processing quality, but we will lose in maintainability relative to proven domestic analogues. In the modern conditions of the agricultural industry, excessive downtime for repairs and maintenance is not acceptable, and the repair of foreign-made machines today can take a long period of time. In the article, we reviewed a significant list of machines, gave them a brief description, identified the pros and cons of each model and identified the most competitive samples according to the set of parameters.*

**Keywords:** pre-sowing rolling, post-sowing rolling, roller, modular roller, soil compaction, gear roller.

**Введение.** Важность правильной обработки почвы сложно переоценить с каждым годом в следствие варварского и нерационального использование земель сельскохозяйственного назначения снижаются все показатели плодородия почвы, а в некоторых районах и вовсе происходит опустынивание или застройка драгоценной земли. Подбор и правильное агрегатирование сельскохозяйственных маши улучшит не только качество обработки почвы но и снизит экономические затраты на производство. К предпосевной и после посевному прикатыванию предъявляются высокие требования поэтому подбор данных агрегатов должен производиться с особой ответственностью.

**Условия, объекты и методы исследований.** Важными параметрами по которым будут оцениваться машины для прикатывания почвы будет: ширина захвата, рабочая скорость, производительность, качество обработки почвы, тип катков, стоимость, требование к тяговому классу трактора. По данным параметрам охарактеризуем каждую машину и итог к ней. Использование катков как самостоятельное средство поверхностной обработки почвы применяется достаточно редко. Тем не менее заводы продолжают выпускать сцепки и модульные катки далее рассмотрим их.

Рассмотрим в первую очередь прикатывающий кольчато-шпоровый каток ККШ-6 (рис. 1) эта машина имеет ширину захвата в 6 м и максимальную производительность в 6 га/ч. Эта сельскохозяйственная машина агрегируется с тракторами тягового класса 1,4 и выше что увеличивает доступность ее для маленьких хозяйств. При прикатывании почвы до посева каток выравнивает поверхность поля, разбивает комки и уплотняет, слишком рыхлую, почву.



Рисунок 1 - Каток кольчато-шпоровый ККШ-6

Основной задачей предпосевного прикатывания является эффект задержания влаги в почве и измельчение комьев почвы что является необходимым критерием для роста и развития высеваемых культур.

Выравнивание почвы после прохода катка позволяет избежать появления мест избыточного скопления влаги. Оценка этого явления из источников [1,2,3,5,6,7]. Уплотнённая почва, дает возможность сеялки двигаться с меньшим проскальзыванием колес тем самым увеличивая равномерность посева. Прикатывание после посева усиливает контакт почвы с семенами. Стоит также отметить снижение влияния водной и ветровой эрозии после такой обработки.

Каток кольчато-зубчатый ККЗ-12 (рис. 2) этот каток выполняет разрушение корки на поверхности почвы уплотняет почву на глубину до 7 см и рыхлит на 4 см. Рабочий проход данным агрегатом оставляет на поверхности мульчированный слой почвы что позволяет сохранить влагу в земле.



Рисунок 2 - Каток кольчато-зубчатый ККЗ-12

Каток «ФУНТ» (рис. 3) отличается от других катков тем что рабочий орган представляет собой полый цилиндр с ребрами на поверхности агрегатируется с тракторами класса 1,4...2,0 т и предназначен для уплотнения на глубину до 7 см поверхностного слоя почвы с одновременным рыхлением её на глубину до 4 см, создания мульчированного слоя почвы, способствующего сохранению влаги.

Каток данной модели предназначен для прикатывания и дробления комков почвы в разных климатических условиях, исключая только горные зоны. Рабочими органами катка являются цилиндры, изготовленные из стали. Оценка прочности рамы сделали по типовому расчету взятому из расчета прочности рамы культиватора [4]. Перекрытие рабочих органов позволяет более качественно выполнять прикатывание, что повышает производительность.

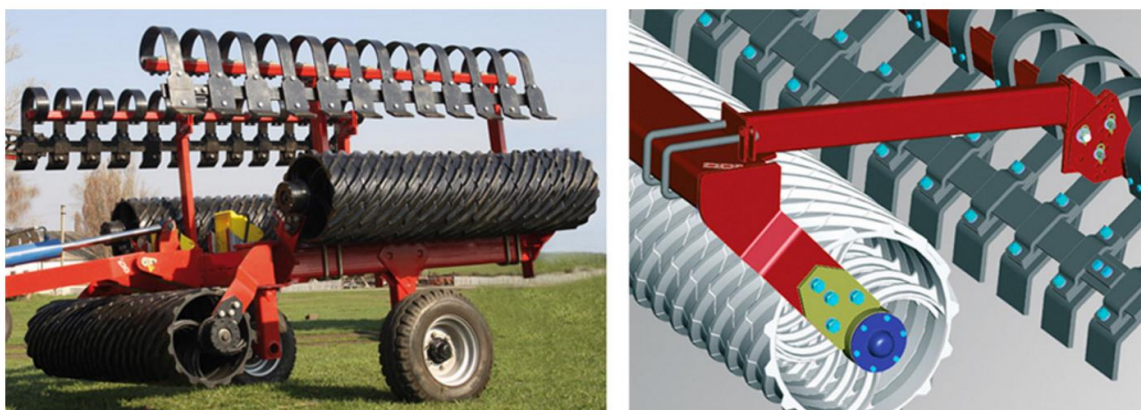


Рисунок 3 - Каток «ФУНТ»



Европейский каток Terrarak (рис. 4) фирмы. Vogel & Noot зарекомендовал себя на практике он прекрасно уплотняют вспашку и дополнительно отлично реализуют эффект обратного уплотнения почвы. Во фронтальном положении они являются незаменимыми помощниками при комбинированном посеве.



Рисунок 4 - Каток Vogel & Noot TerraRoll

Модульная конструкция катка позволяет применять его с любыми культиваторами той. Имея модульную конструкцию, полевые катки могут применяться с любыми культиваторами Vogel & Noot, работая как за ними, так и в качестве фронтальных катков, при ширине захвата рабочего орудия не более 3 м. Имея быстросъемную рамку для 3-х точечной навески, они способствуют разбиванию почвы на мелкую фракцию и обратному ее уплотнению. Следующий за этим посев [8] может проводиться при оптимальных условиях для всходов.

Почвообрабатывающий каток MAXIMUS (рис.5) это современная сельскохозяйственная машина, в которой используются новейшие технические решения [9]. Применяемая современная система HYDRO-PRESS обеспечивает равномерное давление всех секций катка на почву. Катки могут быть оснащены кольцами (рис. 6) типа:

- cambridge - предназначены для послепосевной обработки;
- crosskil - предназначены для дробления глыб на полях.



Рисунок 5 - Каток MAXIMUS

Прикатывающий каток представляет собой батарею шпоровых колец Crosskill (Cambridge). Именно из-за шпоровых колец (рис. 6) каток Crosskill (Cambridge) обладает уникальным свойством оставаться чистым, даже когда почва относительно влажная.

Перевод в транспортное положение выполняется с помощью гидроцилиндров подъема. Преимущество от применения катков данного типа: выравнивание поля и разрушение глыб, улучшение контакта семян с почвой, что существенно влияет на равномерность всходов; удержание влаги; уменьшение эрозии почвы; улучшение структуры почвы. Катки MAXIMUS можно успешно применять для послеуборочной обработки для ускорения процесса гниения соломы и пожнивных остатков, а также прорастания рассыпанных семян, в том числе сорняков. Эти машины применяются также на пастбищах.

Cambridge Ø 450 mm    Cambridge Ø 500 mm



Cambridge Ø 530 mm    Crosskill Ø 510 mm



Рисунок 6 - Типы колец катка

Тяжелые почвообрабатывающие катки GNIOT (рис. 7) - эффективный разбивающий и уплотняющий после пахоты инструмент. Благодаря равномерному распределению веса, крепким подшипникам и самоочисным рабочим элементам, этот высокоэффективный вал обеспечивает равномерное уплотнение почвы, уменьшая при этом испарение влаги. 2 типа катков на выбор: Каток Crosskill - диаметр 510 мм, интенсивно разбивает и уплотняет сухую и комковатую почву.



Рисунок 7 - Каток GNIOT



Каток Cambridge - комбинация гладких колец и плоских зубчатых дисков большого диаметра обеспечивает автоматическую очистку катка, рекомендуется для возделывания плотных и тяжелых почв. Характеристики: Тип дисков CAMBRIDGE CROSSKILL.

**Заключение.** Проведённый анализ почвообрабатывающих машин говорит о различиях в конструкции исследуемых катков в частности различная конструкция прикатывающих дисков так некоторые из рассмотренных машин могут проводить работу в условиях повышенной влажности.

В результате анализа выявлена важность правильного подбора катковых агрегатов так как влияние послепосевного и предпосевного прикатывания увеличивает всхожесть до 20% что положительно сказывается на рост растений и урожайность [10].

Анализ конструктивных особенностей катков показывает обоснованное усложнение конструкции многих современных машин с целью улучшения копирования рельефа поля за счет амортизации каждого катка по отдельности. Тем самым улучшаются показатели качества и скорости обработки.

### Список источников

1. Совершенствование систем обработки почвы в степи Западного Забайкалья: монография / Н.Н. Мальцев, А.П. Батудаев, Т.В. Гребенщикова, К.И. Калашников; под общей редакцией проф. А.П. Батудаева; ФГБОУ ВО «БГСХА им. В.Р.Филиппова». Улан-Удэ БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2020. 244 с. – EDN: [UIMJCS](#)

2. Ресурсосберегающие технологии основной обработки почвы / В.А.Дробот. – Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год. Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ. Краснодар, 2022. – С. 216-218. – EDN: [IHNKMP](#)

3. Повышение качества мелкой обработки почвы / В.А.Дробот. – Сборник статей по материалам 71-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР, 2016. – С. 156-157. – EDN: [WCPCXZ](#)

4. Исследование напряженного состояния рамы пропашного культиватора в процессе работы / А.С. Брусенцов, В.А. Дробот, А.Ю. Николенко. – Инновации в АПК: проблемы и перспективы. / 2021. – № 4 (32). С. 109-120. – EDN: [DFKZHD](#)

5. Агромелиоративные приемы при поверхностной обработке почв / Дробот В.А., Брусенцов А.С. // В книге: Год науки и технологий 2021. Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар, 2021. – С. 252. – EDN: [IGOQKS](#)

6. Инновационные комплексы машин для эколого-мелиоративных технологий обработки почвы при возделывании зерновых-колосовых культур / Б.Ф. Тарасенко, С.В. Оськин, В.А. Дробот, В.В. Цыбулевский. – Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. 2018. – № 4 (36). С. 51-59. – EDN: [YUEHTN](#)

7. Теоритические предпосылки обоснования параметров прикатывающего катка у дискового сошника / Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е., Петров В.А., Неустроева А.И., Шадрин М.М. // В сборнике: Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК. Материалы X Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвящённой 90-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Терских Ивана Петровича. Редколлегия: Н.Н. Дмитриев [и др.]. Молодёжный, 2022. С. 73-79. – EDN: [ACBQPC](#).

8. Влияние конструкции шпоры катка для сплошного прикатывания на рыхление и уплотнение / Раднаев Д.Н., Сергеев Ю.А., Абидуев А.А., Калашников С.С. // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 4. С. 114-121. – EDN: [YQRSHT](#)

9. Разработка многоуровневого моделирования технологий возделывания сельскохозяйственных / Раднаев Д.Н. // В сборнике: Инновационное развитие АПК Байкальского региона. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. Улан-Удэ, 2021. С. 116-122. – EDN: [DCGVIU](#)

10. Повышение эффективности работы комбинированных машин и комплексов Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е. Вестник ВСГУТУ. 2021. № 1 (80). С. 55-60. – EDN: [MOBBQA](#)

## ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕХАНИЗАЦИИ САДОВОДСТВА

Илья Анатольевич Телепень<sup>1</sup>, Анатолий Сергеевич Брусенцов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

<sup>1</sup>temprik1998@yandex.ru

<sup>2</sup>brusencov.a@edu.kubsau.ru

***Аннотация.** Недостаточное финансирование аграрного сектора, экономические реформы, проводимые в нашей стране создают определенный уровень трудности для выполнения функций агропромышленного комплекса по сохранению продовольственной безопасности, особенно в условиях санкций, предъявляемых к нашему государству. Одним из выходов из этой ситуации может служить увеличение объема валовой продукции путем интенсификации факторов развития. Для увеличения продовольственных запасов растительного происхождения необходимо увеличение сельхозугодий, применение и разработка более совершенных взамен применяемых устаревших комплексов машин. Подобный подход может способствовать улучшению ситуации на агропромышленном рынке при минимальных капиталовложениях. Значительный упор необходимо сделать на развитие перспективных технологий, уделить внимание российским разработкам и научным исследованиям аграрного сектора. Способствовать на государственном уровне ускорению темпов внедрения их в производство продуктов питания.*

**Ключевые слова:** энергосберегающие технологии, почва, агропромышленный комплекс, агрегат, внесение удобрений.

## ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN GARDENING MECHANIZATION

Ilya A. Telepen<sup>1</sup>, Anatoly S. Brusentsov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>temprik1998@yandex.ru

<sup>2</sup>brusencov.a@edu.kubsau.ru

***Abstract.** Insufficient financing of the agricultural sector, economic reforms carried out in our country create a certain level of difficulties for the performance of the functions of the agro-industrial complex to preserve food security, especially in the conditions of sanctions imposed on our state. One of the ways out of this situation can be to increase the volume of gross output by intensifying development factors. To increase food stocks of plant origin, it is necessary to increase farmland, the use and development of more advanced machines instead of the outdated complexes used. Such an approach can contribute to improving the situation in the agro-industrial market with minimal investment. Considerable emphasis should be placed on the development of promising technologies, and attention should be paid to Russian developments and scientific research in the agricultural sector. To contribute at the state level to accelerating the pace of their introduction into food production.*

**Keywords:** energy-saving technologies, soil, agro-industrial complex, aggregate, fertilization.

**Введение.** В связи с выходом из состава нашей страны ряда союзных республик появилось большое количество проблем в области аграрного сектора, что выражалось в поставке в хозяйства новой техники, получения качественного семенного материала, производство и внесение удобрений, использование и усовершенствование современных

технологий возделывания сельскохозяйственной продукции. Эта ситуация негативным образом сильно отразилась и в садоводстве, где увеличение урожая и интенсификация процессов выращивания плодово-ягодных культур является наиболее актуальным вопросом настоящего времени. Нами предлагается совмещение операций обработки почвы приствольных зон растений и внутрпочвенное внесение химических средств борьбы с сорной растительностью путем модернизации культиватора садового.

Обновление верхнего плодородного слоя, перемещения почвенных частиц с целью придания мелкокомковатой структуры почве, является одной из задач по обработке почвы как в полеводстве, так и в садоводстве. Разрушение уплотнённого слоя, который препятствует водновоздушному обмену в корневой системе садовых культур, а также внесение питательных веществ является залогом не только стабильных урожаев, но позволяет снизить дополнительные затраты по уходу за растениями [1]. Выполнение операций по уходу за садовыми культурами приводит к уплотнению почв в улочках сада нарушая питание корневой системы и задерживает её развитие. Воздействуя на поверхностный слой почвы лёгкими орудиями нам удаётся снизить металлоёмкость на операции, тяговый класс трактора.

Есть ряд условностей для операций, связанных с обработкой почвы в междурядьях сада и околоштамбовой зоне. Хорошо развитая корневая системы и близкое расположение к поверхности боковых корневых отростков деревьев не дают возможности использовать технологические приёмы по обработке почвы как в полеводстве. Тем не менее задачи, которые должны решаться, придание мелкокомковатой структуры почве, удаление сорной растительности с междурядий или посев сидеральных культур с последующей запашкой на удобрения остаются неизменными. Рациональная обработка почвы способствует созданию элементов для накопления влаги при таянии снега аккумулярованию влаги так необходимой в весенний период растениям, некоторые приёмы по обработке почвы позволяют накапливать влагу под слоем почвы тем самым обеспечивая растение влагой также в период плодоношения и в целом способствует водновоздушному обмену угнетает или уничтожает сорняки [2, 3]. При обработке почвы в садах, виноградниках, ягодниках необходимо учитывать возраст растений и породный состав плодово-ягодных насаждений. Например, яблоня и груша имеют мощную корневую систему, залегающую на значительную глубину, которая требует глубокой обработки почвы в междурядьях. Косточковые, такие как вишня и слива, имеют корневую систему с поверхностным горизонтальным расположением. В таких насаждениях обработку необходимо проводить на меньшую глубину. Очень важно при обработке почвы между штамбами деревьев не повредить корневую систему строение которой напоминает зеркальное отображение кроны дерева соответственно следует соблюдать равномерность глубины обработки и выдерживать защитные зоны околоштамбовой зоне.

При обработке почвы в насаждениях плодово-ягодных культур необходимо выполнять ряд требований:

- не допускать повреждений растений энергосредствами и почвообрабатывающими агрегатами;
- стремиться к уменьшению ширины приствольных, прикустовых полос;
- стремиться к соблюдению требований выравнивания поверхности обработанного слоя снижением количества развальных и свальных борозд.

**Условия и методы.** Изучение актуальности изученного нами вопроса приводит к выводу о необходимости модернизации имеющегося парка машин и агрегатов, применяемых в технологиях возделывания плодово-ягодных культур. Намечается тенденция как и в полеводстве, создание универсальных машин способных выполнять несколько

технологических операций за один проход агрегата. Нами предлагается совмещение технологических операций поверхностной обработки почвы и внесения пестицидов, способствующих борьбе с сорной растительностью [4, 5].

Решение поставленного вопроса может быть выполнено на базе садового культиватора КСГ-5, где в качестве энергетического средства принимается колесный трактор МТЗ-80 (рисунок 1).

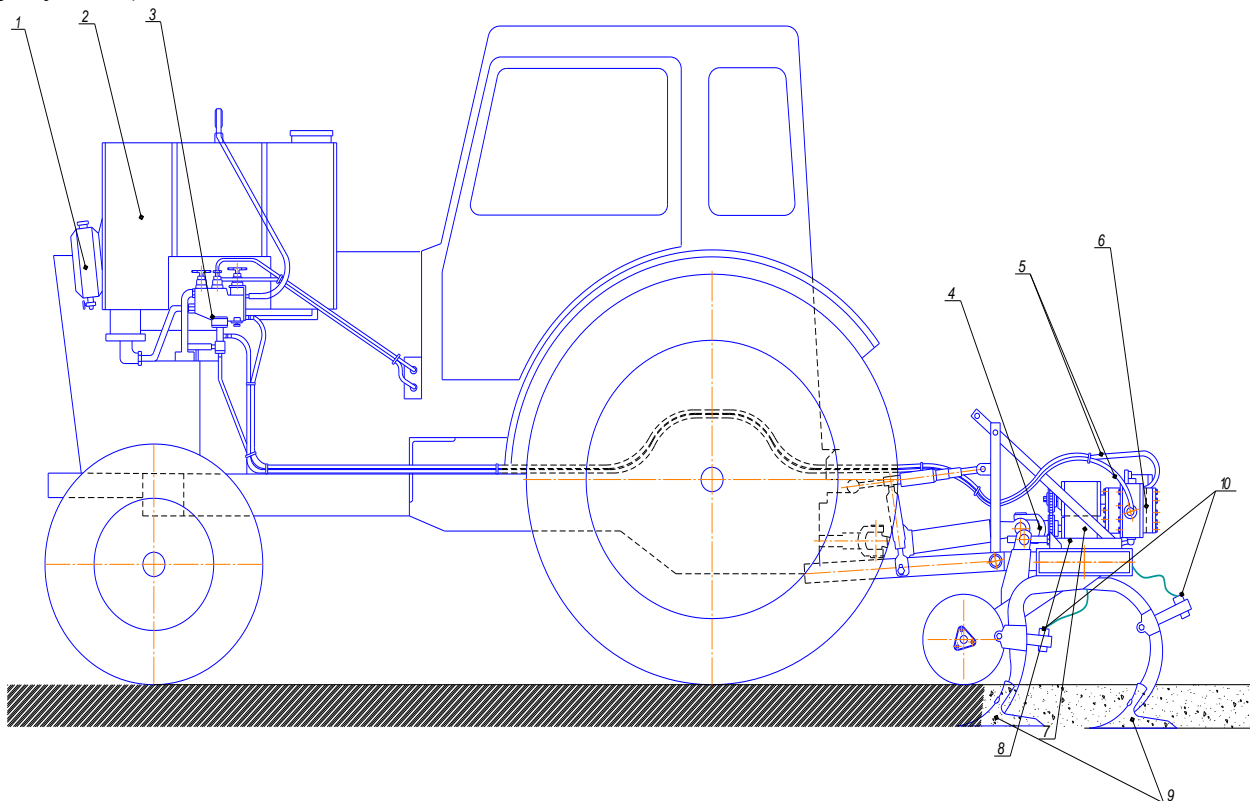


Рисунок 1 – Универсальный агрегат для поверхностной обработки почвы с одновременным внесением пестицидов в междурядья сада

1- ёмкость для воды; 2- ёмкость для пестицидов (2шт.); 3- кран распределитель; 4- передача карданная; 5- шланги подачи раствора; 6- насос; 7- опора; 8- кронштейн крепления насоса; 9- лапы стрелчатые (18 шт.); 10- распылители (18 шт.).

Для реализации поставленной задачи мы используем серийные рабочие органы сельскохозяйственных машин, для получения универсального агрегата реализации нашей идеи по совмещению операций по обработке почвы с одновременным химическим уничтожением сорняков. Нам надо обеспечить запас раствора для борьбы с сорняками на агрегате и устройство для его нанесения. Используем для этого оборудование с ПОМ-630, а именно емкости для раствора, пульт управления и насос. Для удобства распределения рабочего раствора изготовим коллектор и на каждой стойки закрепим эжекционный распыливающий наконечник для ультрамалообъемного опрыскивания концентрированным раствором гербицида. Выполненные ранее расчёты по запасе прочности рамы серийных культиваторов позволяют предположить о достаточном запасе прочности для использования их в качестве универсальных агрегатов [6].

Совмещение этих операций способствует снижению трудозатрат, повышению производительности и качественных показателей работы.

Несмотря на широкое распространение химических средств борьбы с сорной растительностью за счет сокращения затрат, с точки зрения экологии есть много вопросов. Большинство ученых придерживаются мнения, что растения, в том числе и сорные, в природе,

нетронутой человеком, увядая, возвращаются в почву в виде органических соединений, тем самым восстанавливая и увеличивая содержание гумуса в плодородном слое почвы.

Следующим шагом на пути создания универсальных агрегатов для садоводства можно рассмотреть агрегат способный выполнять подкормку нарезку борозд. Применение же химических средств борьбы с сорными растениями, способствующих их уничтожению не давая развитию значительной массы, снижает объем растительных остатков, возвращающихся в почву, а значит снижению количества, поступающего в почву органического вещества за счет гумификации растительных остатков.

Эту проблему можно решить технологической операцией, совмещающей механическую обработку почвы с внесением удобрений.

В этом случае, обработка почвы, как и описывалось ранее необходима для поддержания слоя расположения корневой системы в таком рыхлокомковатом состоянии, при котором происходит требуемое снабжение корневой системы водой, питательными веществами, теплом и воздухом.

Увеличение количества питательных веществ в плодородном слое предлагается путем модернизации разбрасывателя минеральных удобрений МВУ-8 (рисунок 2).

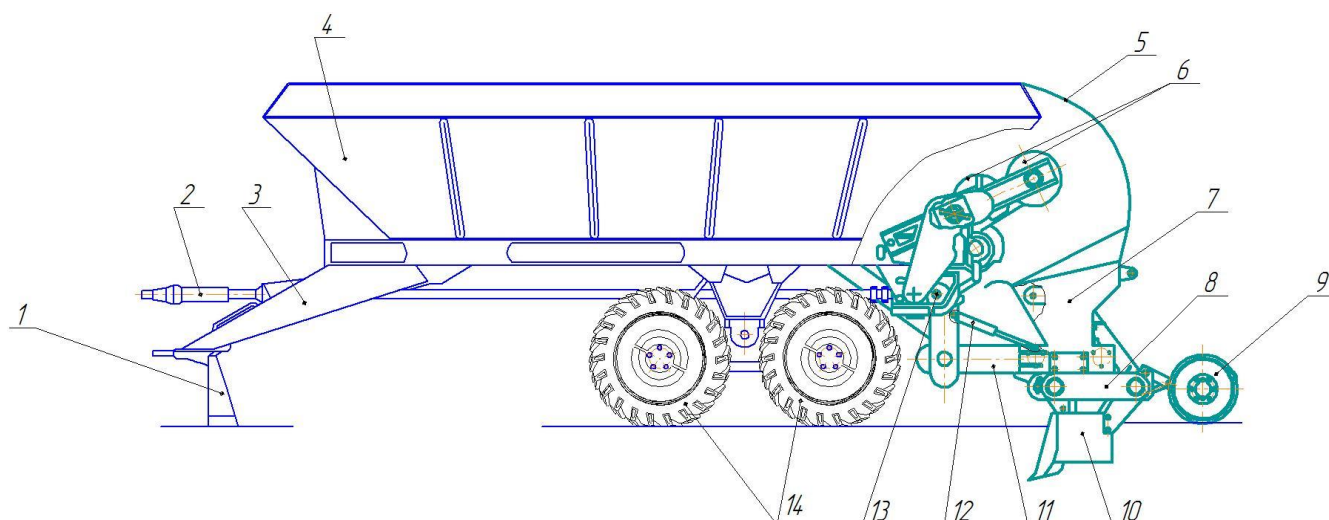


Рисунок 2 - Модернизированный разбрасыватель МВУ-8.

1 - опора; 2 - вал карданный; 3 - устройство прицепное ; 4 - бункер; 5 - кожух защитный ; 6 - барабан измельчающий; 7 - воронка подкормщика; 8 - подкормщик; 9 – колесо прикатывающее; 10 - лапа; 11 - навеска; 12 - гидроцилиндр; 13 - редуктор; 14 - опорные колёса

Разбросной способ внесения удобрений широко используется в хозяйствах агропромышленного комплекса. К недостаткам этой операции применительно в садах можно отнести неравномерное внесение удобрений в зоне питания одного растения, а возможное попадание семян сорной растительности будет способствовать их распространению по всему саду.

Применение импортной техники, даже имеющей необходимые технические и эргономические характеристики затруднительно из-за высокой стоимости и вводимых против нашего государства санкций [7].

Для осуществления плана по созданию универсального агрегата нам необходимо обеспечить запас вносимого удобрения на полный цикл работы агрегата без остановки и предусмотреть места заправки на открытых участках. Также для избежания затрат связанных с созданием нового компонента, что приведёт к удорожанию проекта воспользуемся серийной

машиной МВУ-8 а именно шасси и кузовом, которые наиболее подходят для реализации нашей идеи.

Модернизацию разбрасывателя МВУ-8 выполним следующим образом. Освободим рабочую часть от привода и самих разбрасывающих дисков нам необходимо создать интенсивное измельчающее устройство по высоте кузова разбрасывателя. Так как уплотнённая масса органоминеральных удобрений будет забивать воронку для распределения смеси. Привод измельчителей планируем осуществлять от ВОМ трактора через карданную передачу. А работу подкормочных лап будем осуществлять гидравлически, используя гидравлику трактора. Параметры образованной в результате прохода лап борозды г.ш. 300×120 мм Технологический процесс осуществляется по следующему плану перед началом движения агрегата в саду механизатор на линии обработки запускает измельчающие барабаны после наполнения воронки лапы переводятся в рабочее положение и агрегат начинает движение измельчённая питательная масса заполняет борозду. Скорость агрегата определяется полнотой заполнения борозды и отсутствием пропусков.

**Выводы.** На сегодняшний момент мы должны использовать передовой опыт других стран и реализовывать его на своих средствах механизации, что позволит сократить сроки создания новых машин для внедрения этих технологий и получить новый опыт.

#### Список источников

1. Агромелиоративные приемы при поверхностной обработке почв / Дробот В.А., Брусенцов А.С. // В книге: Год науки и технологий 2021. Сборник тезисов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар, 2021. – С. 252.
2. Экологизация сбросных дренажных вод внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем / Ванжа В.В., Шишкин А.С. // В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. – 2019. – С. 464-465.
3. К вопросу использования водных ресурсов родниковых каптажных водозаборов для водоснабжения рисовых систем / Сидиков А.А., Бандурин М.А., Ванжа В.В. // Мичуринский агрономический вестник. – 2020. – № 1. – С. 46-55.
4. Новая полевая установка для динамометрирования и результаты оценки тяговых сопротивлений почвообрабатывающего рабочего органа / Дробот В.А., Тарасенко Б.Ф. // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 12. – С. 10-12.
5. Новая полевая установка для инженерной оценки почвообрабатывающих рабочих органов / Дробот В.А., Тарасенко Б.Ф. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 91. – С. 712-720.
6. Исследование напряженного состояния рамы пропашного культиватора в процессе работы / Брусенцов А.С., Дробот В.А., Николенко А.Ю. // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 4 (32). – С. 109-120.
7. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных машин для внесения твердых органических удобрений / Винецкий Е.И., Папуша С.К., Николенко А.Ю. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 180. – С. 42-51.
8. Зими́на, О. Г. Обзор ресурсосберегающих посевных комплексов отечественного производства / О. Г. Зими́на // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы XI Международной научно-практической конференции, Иркутск, 28–29 апреля 2022 года. – п.

Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2022. – С. 260-266. – EDN AECWFM.

9. Влияние конструкции шпору катка для сплошного прикатывания на рыхление и уплотнение почвы / Д. Н. Раднаев, Ю. А. Сергеев, А. А. Абидуев, С. С. Калашников // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – Т. 16, № 4. – С. 114-121. – DOI 10.22450/199996837\_2022\_4\_114. – EDN YQRSHT.

10. Раднаев, Д. Н. Обоснование рациональных параметров сошника для посева зерновых культур с внесением удобрений ниже уровня семян / Д. Н. Раднаев, О. Г. Зимина // Дальневосточный аграрный вестник. – 2021. – № 3(59). – С. 106-115. – DOI 10.24412/1999-6837-2021-3-106-115. – EDN UYLWOY.



## К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Даба Нимаевич Раднаев<sup>1</sup>, Баирма Ефимовна Дамбаева<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова

<sup>1</sup>daba01@mail.ru

<sup>2</sup>baira86@mail.ru

*Аннотация.* В развитии научных исследований в области механизации сельского хозяйства имеет большое значение использование и применение имеющихся научных знаний, особенно земледельческой механики академика В. П. Горячкина. На каждом этапе развития техники соответственно развивается и ее теория. Теория сельскохозяйственных машин, земледельческая механика академика В. П. Горячкина, развилась и оформилась в завершающем периоде господства конного инвентаря и в начальном периоде развития тракторов и тракторных сельскохозяйственных машин. Она играла и продолжает играть большую роль в создании современной сельскохозяйственной техники. В период господства конной тяги теория земледельческой механики В. П. Горячкина опережала время на десятки лет. Она способствовала и будет способствовать развитию техники на протяжении всего этапа механизации сельского хозяйства и послужит основой для создания новых машин, но основой, требующей дальнейшего развития в соответствии с современными задачами и требованиями по разработке сельскохозяйственной техники.

**Ключевые слова:** академик В. П. Горячкин, земледельческая механика, сельскохозяйственные машины, комплексная механизация.

## ON THE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL MECHANICS

Daba N. Radnaev<sup>1</sup>, Bairma E. Dambaeva<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup>daba01@mail.ru

<sup>2</sup>baira86@mail.ru

*Abstract.* In the development of scientific research in the field of agricultural mechanization, the use and application of existing scientific knowledge, especially the agricultural mechanics of Academician V. P. Goryachkin, is of great importance. At each stage of the development of technology, its theory develops accordingly. The theory of agricultural machines, agricultural mechanics of Academician V.P. Goryachkin, developed and took shape in the final period of the dominance of horse equipment and in the initial period of the development of tractors and tractor agricultural machines. She played and continues to play a big role in the creation of modern agricultural machinery. During the period of dominance of horse traction, the theory of agricultural mechanics by V.P. Goryachkin was ahead of its time by decades. It has contributed and will continue to promote the development of technology throughout the entire stage of agricultural mechanization and will serve as the basis for the creation of new machines, but the basis that requires further development in accordance with modern tasks and requirements for the development of agricultural technology.

**Keywords:** academician V.P. Goryachkin, agricultural mechanics, agricultural machines, complex mechanization.

**Введение.** Дальнейшая разработка современной сельскохозяйственной техники требует решения крупных проблемных и перспективных вопросов теории земледельческой механики. Основой дальнейшего развития земледельческой механики должна стать экспериментально-

теоретическая разработка принципов создания и применения сельскохозяйственной техники, изучение явлений износа и разработка теории прочности, износостойкости и работоспособности деталей сельскохозяйственных машин и орудий, научная разработка вопросов комплексной механизации сельскохозяйственного производства, применение законов механики к исследованию и анализу технологических процессов сельскохозяйственных машин и орудий и т. д.

В развитии научных исследований в области механизации сельского хозяйства имеет большое значение использование и применение имеющихся научных знаний, особенно земледельческой механики академика В. П. Горячкина [1, 2, 3, 4]. Однако использование накопленных знаний должно быть не простым заимствованием. Необходимо критически усваивать и развивать наиболее ценные результаты при разработке новых научно-теоретических положений и оснований [5, 6...].

Дальнейшее развитие земледельческой механики должно протекать, с одной стороны, на основе преемственности, а с другой, — по линии разработки новых идей, научных основ и требований, без которых невозможен технический прогресс в сельскохозяйственном машиностроении и механизации сельскохозяйственного производства.

**Условия и методы исследования.** Единство и неразрывная связь индуктивного и дедуктивного приемов исследований, их взаимное дополнение друг друга обеспечивают высокий научный и теоретический уровень исследований, ускоряют их, что имеет большое значение для дальнейшего развития земледельческой механики и создания совершенных конструкций машин и орудий. Программа и методика должны предрешать правильное соотношение дедукции и индукции в решении научных задач, комплексную разработку теоретических, конструктивных и эксплуатационных вопросов [7, 8].

В зависимости от состояния вопроса, его изученности и стоящих задач соотношение дедукции и индукции на определенных этапах развития исследований может быть различно, и не исключена возможность, что в одних случаях будет превалировать индуктивный вид исследований, в других — дедуктивный, а в отдельных случаях, на каком-то конечном этапе, исследование может проводиться одним из этих методов, например, дедуктивным, который в данном случае будет основываться на предварительном индуктивном изучении материала. Таким образом, речь идет об увязке экспериментальной работы с теорией, что будет способствовать правильному направлению научной разработки вопросов. Последующие эксперименты и опыты покажут правильность теории и направления, в котором она должна уточняться и развиваться.

Таким образом, сначала идет период собирания фактов, затем наступает период обобщений, когда количество накопленных знаний переходит в новое качество. Разработка теории на основе отдельных фактов, явлений и исследований требует серьезных обобщений на правильной методологической основе.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На каждом отдельном этапе развития науки в ней содержатся наряду с правильными, подтверждающимися практикой теориями и такие теории, которые требуют уточнения и дальнейшего развития или замены новыми.

Истинность научных выводов проверяется и подтверждается практикой, но это не значит, что в каждый данный момент любое научное положение или теория могут быть проверены опытом. Это приводит к необходимости появления гипотез, которые, будучи подтверждены практикой, превращаются в достоверную теорию, а ошибочные гипотезы теряют силу и вытесняются из науки. В развитии науки определяющим являются потребности развития техники, материального производства.

Обновление, перестройка, уточнение и необходимость в дальнейшем развитии теории сельскохозяйственных машин и выполняемых ими процессов не наступает для всех ее разделов одновременно, а протекает постепенно, в зависимости от совершенствования или обновления технологических процессов и техники, которая в стадии завершения комплексной механизации должна представлять собой системы автоматических комбинированных машин. В комплексно механизированном сельскохозяйственном производстве должна разрабатываться теория автоматических машин, комплексно механизированных процессов, отраслей и всего сельскохозяйственного производства.

На каждом этапе развития техники соответственно развивается и ее теория. Теория сельскохозяйственных машин, земледельческая механика академика В. П. Горячкина, развилась и оформилась в завершающем периоде господства конного инвентаря и в начальном периоде развития тракторов и тракторных сельскохозяйственных машин [9, 10]. Она играла и продолжает играть большую роль в создании современной сельскохозяйственной техники. В период господства конного инвентаря теория земледельческой механики В. П. Горячкина опережала время на десятки лет. Она способствовала и будет способствовать развитию техники на протяжении всего этапа механизации сельского хозяйства и послужит основой для создания новых машин, но основой, требующей дальнейшего развития в соответствии с современными задачами и требованиями сельскохозяйственной техники. Эти задачи и требования определяют необходимость дальнейшего развития теории земледельческой механики. На базе существующей теории земледельческой механики и широкого обобщения опыта механизации сельского хозяйства необходимо разрабатывать новые теории, которые должны становиться научной основой и определять развитие новой сельскохозяйственной техники.

Необходимость развития теории земледельческой механики, вызванную требованиями новой техники, можно показать на примере теории клина. С разработкой и появлением землеройных машин и орудий, в частности канавокопателей, встал вопрос о предельной и оптимальной длине рабочей плоскости клина, по которой возможно перемещение грунта без значительного сгруживания; одновременно возник вопрос о возможной высоте подъема и затратах энергии на перемещение массы по клину. В теории клина не было полного ответа на эти вопросы. Потребовались новые исследования и обобщения, существенно дополняющие и в то же время обновляющие существующую теорию клина. Разработкой новых вопросов теории клина вносится ясность в технологические возможности плужных канавокопателей и подобных им орудий.

Сущность развития сельскохозяйственной техники и ее теории состоит в том, что на известном этапе механизации сельского хозяйства происходит значительный рост производства машин и орудий и разработка теории рабочих органов орудий, машин и выполняемых ими процессов. Это позволило механизировать большинство процессов сельскохозяйственного производства, обобщить опыт работы в области механизации и наметить переход к комплексной механизации сельскохозяйственного производства. Наступил период, когда накопленный опыт механизации переходит в новое качество, а вместе с этим необходимы обобщения и теории, которые способствовали бы дальнейшему развитию этого нового качества. Но такого рода обобщения сложнее прежних: они должны быть более всесторонними, основываться на широких материалах практики, эксперимента, теории и в то же время содержать в себе качественно новые элементы теории [7, 8, 11].

Все это подтверждает высказанное выше мнение, что, несмотря на богатый опыт применения сельскохозяйственной техники и наличие больших экспериментальных

материалов, работа по обобщению, созданию научных основ и теории вступила в новый этап своего развития. Эти обобщения вытекают из характера развития механизированного сельского хозяйства. Научные обобщения, которые должны стать основой дальнейшего развития теории земледельческой механики и технической политики в сельском хозяйстве, нельзя оторвать от общих тенденций развития сельского хозяйства, отвечающих государственным задачам, а ученые, призванные делать эти обобщения, должны обладать значительным творческим кругозором, большим опытом работы, идти в ногу со временем и действовать в соответствии с требованиями жизни.

Весьма важно, чтобы были правильно определены научные и технические пути (направления), правильно осуществлена концентрация сил и средств для решения главных задач. Известно, что правильная постановка и обоснование научных задач, нахождение путей развития и исследования предрешают успешное их решение и составляют добрую половину дела.

Большое значение имеет правильный выбор направления и содержания тематики, соответствие ее не только задачам сельскохозяйственного производства, но и степени подготовленности научных кадров, призванных выполнять эту тематику. Подбор и распределение тем, даже самых актуальных и практически необходимых, без учета квалификации и опыта научных сотрудников, организации и методов проведения исследований может привести к срыву работ, случайностям, что в научной работе не должно иметь места. К неудачам в научной работе может привести не только неактуальная и ненужная тематика, а и жизненно необходимая постановка вопросов, вызванная потребностями практики и теории, но не рассчитанная на реальные возможности и, прежде всего, не обеспеченная эрудированными и опытными руководителями и исполнителями. Повышение уровня организации и методов работ является необходимым и важным звеном подъема научной работы.

Серьезный подход к выбору, организации и методам проведения тематики предрешает вопрос о соотношении теоретических, конструкторских и других разработок. Некоторые научные сотрудники, признавая правильным проведение научной работы комплексными методами, когда научная работа начинается с теоретической разработки вопроса и завершается ее обобщением и внедрением в производство, считают, что соотношение между теорией и практикой в научной работе складывается само собой и вытекает из этой комплексности. В действительности это далеко не так. Развитие теории, так же как и технических разработок, даже при решении комплексных задач и комплексными методами исследований определяется осознанным направлением исследований и научных разработок, несмотря на то, что последние в значительной мере обуславливаются указанной комплексностью. Одна и та же научная проблема в зависимости от того, кто над ней работает, может решаться на разном научно-теоретическом уровне, и соотношение теории и практики будет неодинаковым. Повышение уровня научных работ в соответствии с реальными возможностями, умелое использование научных и технических сил, а также материально-технической базы составляет одну из главных задач науки.

Решение неотложных задач должно быть связано с теоретическими обобщениями, создающими предпосылки для их развития. Решение перспективных теоретических задач создает, в свою очередь, более конкретную и реальную базу для решения текущих задач. Важность правильной взаимосвязи между исследованиями, имеющими перспективное значение, и работами, связанными с решением неотложных текущих задач, очевидна.

Чтобы осуществить комплексную механизацию сельскохозяйственного производства, необходимо разработать нужное количество принципиально новых машин и даже целых систем, необходимо по-новому решать вопросы конструирования, изготовления, испытания и освоения опытных и эталонных образцов машин.

Новым в содержании исследований должна быть разработка машин и агрегатов на основе научно обоснованных прогрессивных технологий и принципов.

Большое место должно быть отведено разработке комбинированных машин с высокой степенью автоматизации.

Научной основой для создания новой и совершенствования имеющейся сельскохозяйственной техники должно стать обоснование прогрессивных технологий механизации процессов сельскохозяйственного производства.

Постановка вопроса разработки автоматических комбинированных машин является своевременной и актуальной. Создание сельскохозяйственных машин на прежней научной основе в основном завершено. Сейчас широким фронтом начался переход от механизации отдельных процессов к комплексной механизации всего сельскохозяйственного производства. Ранее существовавшие агротехнические и технологические требования к сельскохозяйственным машинам в значительной мере устарели и не всегда соответствуют новым задачам. Они главным образом сводились к разработке машин и орудий для выполнения отдельных технологических операций. Разработка современных сельскохозяйственных машин должна исходить из требований, обеспечивающих наиболее эффективное выполнение машиной целого ряда технологических взаимосвязанных операций, в том числе и вспомогательных, а также более высокое качество работы и осуществление комплексной механизации всех производственных процессов. Каждая вновь разрабатываемая машина должна быть технологически увязана с другими машинами и прежде всего со смежными по выполнению ими производственных операций. Этим условиям полнее и лучше удовлетворяют комбинированные машины или агрегаты, или так называемые комбайны.

Агрегатирование существующих машин производится чаще всего по мотивам более полной загрузки и использования трактора и в большинстве своем не соответствует технологическим задачам, тем более задачам комплексной механизации сельскохозяйственного производства. Получается механическое объединение групп рабочих машин, следовательно, и технологических операций. Технологическая увязка рабочих машин требует научной разработки вопросов, в том числе конструктивных и энергетических. В этих разработках значительное место должно найти также решение вопросов, позволяющих свести до минимума количество рабочих и холостых ходов машин или их органов.

**Заключение.** Отличительной особенностью развития земледельческой механики является дальнейшая разработка общих научно-теоретических проблем на основе широкого обобщения достижений практики, а также больших материалов экспериментально-теоретических исследований, накопленных специалистами в данной области. Ни в какой другой стране нет такого богатого опыта использования разнообразной сельскохозяйственной техники, равно как нет более широких экспериментальных материалов, в зависимости от условий применения. Однако это не облегчает работу по научному обобщению и созданию общих теорий, а вызывает необходимость проведения более широких и глубоких исследований.

### Список источников

1. Ерохин М.Н., Зайцева Н.Л., Алдошин Н.В. Василий Прохорович Горячкин: страницы жизни. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. - 280 с.
2. Ерохин М.Н. Творец агроинженерной науки. К 150-летию со дня рождения почетного академика В. П. Горячкина. - Вестник российской академии наук. Т.88. №7. 2018. –С. 650-658
3. Зайцева Н.Л. Жизнь и судьба В.П. Горячкина. - Вестник РГАУ-МСХА № 6. 2017. С. 7-9.
4. Сорокин А.Н., Ламонина Л.В., Клоков А.С., Яковенко Н.А. Учёный, инженер, педагог (К 150-летию со дня рождения академика В. П. Горячкина)// Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2018. -№1 (12) С.1-6. январь - март. – URL<http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2018/1/00513.pdf>. - ISSN 2413-4066
5. Сыроватка В.И., Горбачев И.В. Актуальность «земледельческой механики» В.П. Горячкина в решении проблемы «научно-методические основы цифровых технологий производства сельскохозяйственных машин». - Journal of VNIIMZH №2(30) -2018. С.171-174.
6. Ярошевский В.А. Теоретические и экспериментальные исследования В.П. Горячкина в традициях российской школы механики. - Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №1. 2008. С.10-12.
7. Жалнин Э.В. Аксиомы процессов земледельческой механики. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №3. 2008. С.8-13
8. Жалнин Э.В. Постулаты В.П. Горячкина и их дальнейшее развитие. - Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №2. 2008. С.15-21
9. Ерохин М.Н., Дорохов А.С. Становление и развитие агроинженерной науки и образования РГАУ-МСХА имени И.А. Тимирязева. - Вестник РГАУ-МСХА. №1. 2015. С. 58-63.
10. Ерохин М.Н. Роль наследия В.П. Горячкина в агроинженерном образовании XXI века. - Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №1. 2008. С.7-10.
11. Волосевич Н.П. Научное завещание академика В.П. Горячкина. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ №3. 2008. С.7-8

## ТЕХНОЛОГИЯ АРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ УГЛОВ МОЛОТКОВ КОРМОДРОБИЛОК ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТОГО ПРИПОЯ

Екатерина Васильевна Агафонова<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск, Россия

ekateri79@mail.ru

***Аннотация.** Молотковые дробилки в настоящее время используются для измельчения зерна. Однако при износе молотков в процессе работы эффективность снижается, что приводит к увеличению потребляемой мощности и снижению качества корма. В данной статье представлены конструктивные и технические решения по повышению долговечности молотков в кормодробилках. Эти решения позволяют обеспечить самозатачивание молотков в процессе дробления зерна, что приводит к увеличению наработки молотка, повышению производительности и снижению удельного расхода электроэнергии. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований припоев на основе железоуглеродистых сплавов, позволяющих упрочнять рабочие органы (молотки) кормодробилок, за счет применения твердого сплава ВК8 методом индукционной пайки. По результатам экспериментальных исследований установлено, что образование структуры соединений твердый сплав-сталь зависит от состава железоуглеродистого припоя, а предложенный технологический режим формирует прогнозируемую графит-перлит-цементитную микроструктуру шва и гарантирует высокую прочность и твердость.*

**Ключевые слова:** упрочнение, долговечность, молотковая дробилка, железоуглеродистый припой, индукционная пайка.

## REINFORCED TECHNOLOGY OF THE BEATER CORNER HAMMERS OF CRASHING MACHINES APPLICATION FERRICARBONIC SOLDER

Ekaterina V. Agafonova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk

<sup>1</sup>ekateri79@mail.ru

***Abstract.** At present, hammer-type crushers are used for crushing grain crops. During operation, wear of the working bodies (hammers) occurs, this leads to a decrease in productivity and, as a result, to an increase in energy consumption, while the quality of feed becoming worse. The article presents a constructive and technological solutions of the combined ruggedization and boost wear resistance of beater grain crusher. These solutions allow the operation to achieve self-sharpening effect of beaters. increase resource, improving performance, reduction in energy intensity. There are the results of theoretical and experimental studies of solders based on an iron-carbon alloy which allows to implement the process of strengthening the working bodies (hammers) of feed crushing machines with a carbide element VK8 by soldering. According to the results of experimental studies of structure formation of hard alloy and steel compounds in relation to the developed composition of iron-carbon solder, it was found that the technological modes ensure the formation of a given graphite-pearlite-cementite microstructure of the seam, which guarantees high strength and rigidity.*

**Keywords:** reinforcement, durability, beater type crusher, ferricarbolic solder, induction soldering.

**Введение.** Измельчение кормовых смесей является достаточно энергоемким технологическим процессом, его большая часть выполняется автоматизированными линиями



для производства кормовых смесей, куда входят различные машины. Наиболее значимой в процессе приготовления кормов является молотковая кормодробилка. Молотковые кормодробилки, помимо общих достоинств (надежность, удобство обслуживания и высокая производительность), имеют недостаток - низкую износостойкость молотка, вернее его рабочих граней.

Производительность, расход энергии и качество дробленого продукта во многом зависят от состояния молотков. Молотки кормодробилок работают в сложных условиях [1]. Они подвергаются абразивному износу и явлению усталости, поэтому к ним предъявляются высокие требования к износостойкости, а также ударной и усталостной прочности [2, 3]. Износ детали сопровождается изменением геометрии, размеров и свойств материала детали. На величину износа влияют материал, шероховатость поверхности, твердость поверхностей трения и величина удельного давления.

**Условия и методы.** Наибольший износ происходит в зоне максимального давления, т.е. в верхнем углу рабочей части молотка. Износ молота приводит к тому, что передняя кромка скругляется и измельчаемый материал вместо фронтальных ударов получает скользящие удары, что значительно ухудшает взаимодействие со решетом. Износ вызывает увеличение зазора между молотком и решетом, что значительно уменьшает зону действия молотка (см. рис. 1). Износ молотка напрямую влияет на срок службы кормодробилки, поскольку нарушает устойчивость ротора, разрушает подшипники, а также их посадочные места внутри корпуса дробилки. Частая замена и перестановка молотков приводит к увеличению времени простоя и эксплуатационных расходов. Все это приводит к снижению производительности дробилки и увеличению энергоемкости процесса дробления до 2 и более раз.



Рисунок 1 - Условная схема работы и характер износа серийных молотков

При производстве молотков кормодробилок используют такие стали, как высококачественные и высокоуглеодистые, легированные, а также недорогие углеродистые стали, но с упрочненными поверхностями [4]. В качестве технологических методов упрочнения применяют закалку с нагревом в растворе электролита, нанесение порошковых материалов дискретным легированием в том числе микроплазмой, лазерную обработку, индукционную наплавку псевдосплавов и эвтектических покрытий,

Одними из эффективных методов повышения долговечности молотов являются методы с использованием совместно конструктивных и технологических решений. Такие решения сочетают позволяют сочетать в себе возможности технологических методов с некоторыми конструктивными изменениями, связанными в основном с изменением формы ударной части молотка [5]. Длительная эксплуатация кормодробилки показала, что предложенные ранее

методы повышения долговечности молотков не нашли широкого применения в практике, вследствие малой эффективности и технологичности процесса упрочнения.

На основе анализа условий работы и результатов ранее проведенных исследований был предложен метод повышения долговечности молотка кормодробилки за счет комбинированного упрочнения рабочей поверхности путем индукционной пайки [6] с использованием специального железоуглеродистого припоя [7] и армирования твердым сплавом рабочий угол молотка (см. рис. 2). Идея самозатачивания молотка во время работы была реализована путем индукционной наплавки на рабочую поверхность молотка железоуглеродистого припоя и армированием рабочего угла ставками из твердого сплава ВК8 [7, 8].

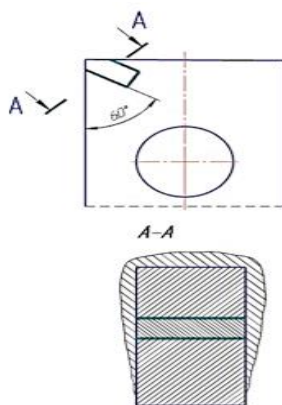


Рисунок 2 - Упрочнение молотков кормодробилок

Экспериментальные методы были использованы для изучения состава припоя, технического режима пайки, методов прогнозирования остаточных напряжений в соединении (твердосплавный припой-основа молотка) и для разработки методов пайки без микротрещин. Для определения параметров ресурса молотков, как изготовленных путем комбинированного упрочнения из стали Ст3, так и серийных изготовленных их стали 65Г, в лабораторных и производственных условиях использовались сравнительные методы. На этой основе разработан ряд методик, в том числе методика пайка молотков кормодробилок железоуглеродистым припоем и методика исследование металлографических и физико-механических свойств соединений.

Для проведения микроструктурных исследований, проведения лабораторных и производственных испытаний рабочих органов и определения механических и эксплуатационных свойств были изготовлены прямоугольные пластинчатые молотки размером 110×50 мм и толщиной 4, 6 и 8 мм с применением индукционной установки. Предварительно в рабочих углах молотков протачивали пазы под твердосплавные пластины на горизонтально-фрезерном станке, затем производили зачистку, удаление заусенец и микронеровностей [6].

Предварительный контроль качества твердосплавных паяных вставок включал визуальный осмотр для выявления сколов, коробления и макротрещин, а также выборочный макро- и микроструктурный анализ образцов из каждой партии для определения их исходной микротвердости. Твердосплавные вставки без маркировки и паспортов не могли быть использованы для изготовления опытных партий молотков.

Проводился контроль покрытия для определения наличия трещин на твердосплавных вставках до и после пайки с применением способа красок. Контролируемые поверхности были очищены от флюса и излишков припоя, шлифованы и обезжирены (10...15% раствором

каустической соды). Затем было нанесено два слоя красной краски с промежуточным временем сушки 1 минута. После полного высыхания краска была удалена (раствором из 30% керосина и 70% трансформаторного масла) и нанесена белая краска. Любые поверхностные трещины выявлялись по их следам на краске.

Пайка производилась с использованием индукционного нагрева [9, 10] на высокочастотной установке ЛПЗ-67М. Скорость нагрева изменяли в зависимости от марки и размеров твердосплавных вставок, в рамках оптимизации процесса формирования паяного шва в условиях ограничения максимально допустимой скорости нагрева твердого сплава.

В ходе экспериментальных металлографических исследований паяного соединения сталь – железоуглеродистый припой – твердый сплав контролировались следующие параметры: время нагрева, выдержки и охлаждения; скорость нагрева и охлаждения; температура пайки. С помощью секундомера контролировали время, а с применением оптического пирометра ОПИР-09 и хромоалюминиевых термопар с потенциометром ПП-63 измеряли температурные интервалы между плавлением и кристаллизацией.

Вследствие более высокой температуры плавления железоуглеродистого припоя пайку проводили с использованием флюса ВНИИинструмент [11]. Оценка активности флюса производилась по технологической пробе растекания припоя по поверхности твердого сплава. После зачистки поверхности молотка в его паз устанавливали твердосплавные вставки ВК8 размером 3×12×14 и помещали пластинки припоя массой 0,50...0,55г, затем порошок флюса. Молоток помещался в индуктор и нагревался до расплавления припоя. После затвердевания и охлаждения припоя измерялась площадь смачивания. Во время нагрева температура не должна превышать 1200 °С, а площадь смачивания не должна быть более 80%. Нагрев осуществлялся в индукторе, подходящем по размеру молотка. Скорость нагрева, равномерность и температура регулировались размером и конструкцией индуктора, положением припоя в индукторе, режимом работы генератора и периодическими отклонениями.

**Результаты и обсуждение.** Были проведены экспериментальные исследования формирования структуры в зависимости от разработанной схемы упрочнения рабочего угла молотка, а также исследование влияния технологических режимов на формирование структуры путем изменения факторов в условиях технологически наложенных ограничений.

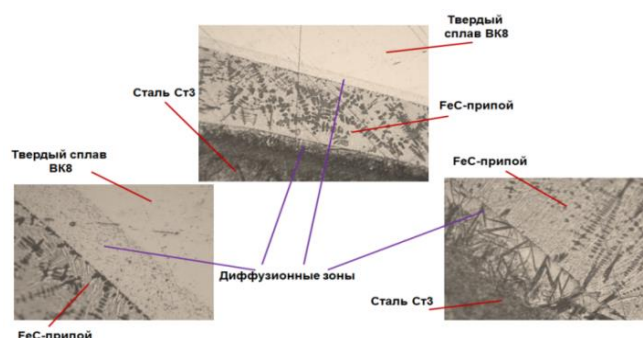


Рисунок 3 - Микроструктура паяного соединения твердый сплав – железоуглеродистый припой – сталь

Для микроструктурного анализа были подготовлены металлографические миерошлифы, на которых исследовали микроструктурные изменения в твердом сплаве, стали и припое (см. рис. 3).

Железоуглеродистый припой приводит к высокопрочному диффузионному соединению между твердым сплавом и корпусом молотка. Это происходит потому, что углерод в железоуглеродистом припое диффундирует в сталь, повышая твердость этого соединения, а железо диффундирует в твердый сплав, создавая прочную и низко напряженную границу (образуется структура графит-перлит-цемент: графит - стабилизирует напряжения и гасит высокочастотные вибрации, перлит – дает прочность и вязкость, цементит - жесткость).

Исследования показали, что предложенное решение принципиально меняет характер износа и значительно повышает долговечность молота. При армировании угла твердым сплавом твердосплавная вставка размещается в зоне максимальной скорости и давления, а ее угловое положение и небольшое (2...3 мм) сечение обеспечивает защиту твердосплавного элемента от разрушения при ударе инородного тела. Применяемый при этом железоуглеродистый припой обеспечивает высокопрочную диффузионное (см. рис. 3), соединение твердого сплава с корпусом молотка ( $\tau_{ср} > 420$  МПа). Слой отбеленного чугуна толщиной 0,2...0,5 мм, который образуется на поверхности между стальным корпусом (см. рис. 3) и железоуглеродистым припоем и создания высокоуглеродистой диффузионной зоны глубиной до 0,5 мм на границе раздела имеет твердость HRC 48-56 (см. рис. 4).

Механические свойства паяного соединения определяют эксплуатационную стойкость и ресурс упрочненных молотков кормодробилок. Задачей экспериментальных исследований являлось определение механических свойств (твердость и прочность) соединений твердый сплав – припой – основа молотка и железоуглеродистый припой – основа молотка. В результате экспериментальных исследований получены зависимости микроструктуры и микротвердости в соединении «твердый сплав – припой – сталь». Определение микротвердости проводилось на приборе ПТМ-3 и DuraScan. В диффузионных зонах микротвердость достаточная высокая твердость, а значит, и соединение обладает повышенной прочностью (см. рис. 4).

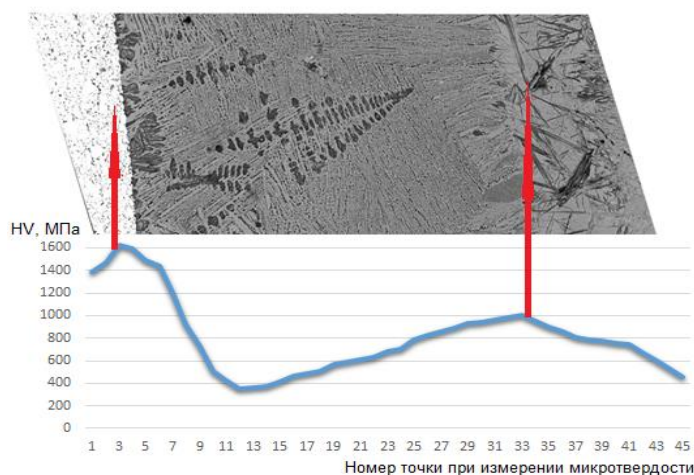


Рисунок 4 - Микроструктура и микротвердость паяного соединения «твердый сплав – припой – сталь»

При определении зависимости механической прочности паяного соединения от величины диффузионной зоны, которая предусматривала испытания на статический срез, выявили, что максимальная прочность достигается при толщине диффузионной зоны равной 0,2 мм и толщине паяного шва равной от 0,5 до 0,8 мм.

**Выводы.** На основании металлографических исследований можно сделать вывод, что состав железоуглеродистого припоя и полученные в результате исследований

технологические режимы пайки обеспечивают теоретически обоснованные структурные условия для паяных соединений твердый сплав - железоуглеродистый припой – сталь.

Производственные испытания сравнительным методом серийных молотков (из стали и упрочненных молотков по разработанной технологии подтвердили, что долговечность последних в 3,5...4 раза выше, чем у серийных молотков. Оценка состояния изношенных упрочненных молотков подтвердила их высокую усталостную износостойкость, повреждение некоторых образцов при ударе о посторонние предметы показывают, что молотки обладают достаточной ударной прочностью, а их профиль в виде «зуба», говорит об эффекте самозатачивания. Эффект самозатачивания повышает производительность на 20% и снижает энергопотребление на от 22 до 35%.

Технология комбинированного упрочнения рабочего угла твердосплавными вставками и железоуглеродистым припоем является универсальной и может быть использована при производстве различных рабочих инструментов, таких как, рабочие органы сельскохозяйственной техники или инструмент для горного дела.

### Список источников

1. Балданов, М. Б. Теоретическое описание движения молотка и зерновки в малогабаритном молотковом измельчителе / М. Б. Балданов, Ю. А. Сергеев // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 1(46). – С. 50-54. – EDN SDEKHR.

2. Повышение эксплуатационной надежности молотков кормодробильных машин конструктивно-технологическими методами / В. В. Коноводов, Е. В. Агафонова, С. В. Щелоков, В. Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ. – 2018. – Т. 132. – С. 216-224. – EDN YNKKJV.

3. Влияние износа рабочих органов на эффективность работы дробилки зерна / В. И. Широбоков, А. А. Мякишев, В. А. Баженов [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 3. – С. 28-29. – EDN WSFFFV.

4. Новый способ упрочнения деталей сельхозмашин с большим износом / В. Ф. Аулов, В. П. Лялякин, А. В. Ишков [и др.] // Аграрная наука - сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 книгах, Барнаул, 04–05 февраля 2016 года / Алтайский государственный аграрный университет. Том Книга 3. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2016. – С. 5-7. – EDN VYNVXH.

5. Коноводов, В. В. Методы оценки износа рабочих органов кормодробильных машин молоткового типа / В. В. Коноводов, Е. В. Агафонова // Теория и практика современной аграрной науки: сборник национальной (Всероссийской) научной конференции, Новосибирск, 20 февраля 2018 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2018. – С. 188-191. – EDN YULOQZ.

6. Калиниченко В. А. Технологические аспекты создания композиционных износостойких покрытий на железосодержащих сплавах индукционной наплавкой/ В. А. Калиниченко, М. Л. Калиниченко, А. А. Андрушевич // Литье и металлургия. – 2 019. – № 2. – С. 122-128.

7. Патент № 2076795 С1 Российская Федерация, МПК В23К 35/30. припой для пайки инструмента: № 5036802/08: заявл. 10.04.1992: опубл. 10.04.1997 / С. У. Глазачев, Ю. В. Каллойда, В. В. Коноводов, А. А. Малышко. – EDN WUFGDJ.

8. Патент на полезную модель № 192763 U1 Российская Федерация, МПК В02С 13/28. Молоток дробилки: № 2019122754: заявл. 15.07.2019: опубл. 30.09.2019 / Е. В. Агафонова, В. В. Коноводов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет».  
– EDN PVWUPB.

9. Разработка и исследование нового материала для упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин индукционной наплавкой / В. Ф. Аулов, В. В. Иванайский, А. В. Ишков [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6(200). – С. 106-111. – EDN AXHIXS.

10. Вегера, И. И. Разработка высокопрочных композиционных припоев для индукционной пайки режущего инструмента / И. И. Вегера, А. М. Кузей, П. Ю. Цыкунов // Актуальные проблемы прочности. – Молодечно: Типография «Победа», 2020. – С. 423-433. – EDN ODTCKR.

11. Технологические процессы пайки твердосплавного инструмента: Метод. рекомендации / Всесоюз. н.-и. инструм. ин-т// Г. П. Кузнецова. – М.: ВНИИ информ. и техн.-экон. исслед. по машиностроению и робототехнике, 1987. – 90 с.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СЕМЯН ЯЧМЕНЯ

Андрей Александрович Абидуев<sup>1</sup>, Альберт Юрьевич Тогмидон<sup>2</sup>, Алдар Дамсаранович Шагжиев<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова,

Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup>abana47@mail.ru

**Аннотация.** Подготовленные к просеву семенной материал ячменя в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество, в основном, по содержанию семян других культурных растений и сорняков. В семенах ячменя трудноотделимыми примесями являются овес, пшеница и овсюг. Существующая технология очистки семенного зерна в потоке на агрегатах не обеспечивает высокую эффективность. Производительность поточной линии низкая, и она устанавливается в соответствии с пропускной способностью триерных цилиндров. Анализ размерных характеристик семян и их трудноотделимых примесей показал, что значительная часть указанных примесей может быть выделена в мелкую фракцию зерна на подсевном решете, и данная фракция обрабатывается в триерных цилиндрах с размерами ячеек 8,5 и 11,2 мм, где из обрабатываемого материала выделяются, соответственно, короткие (пшеница) и длинные примеси (овес и овсюг). При этом крупная фракция зерна отвечает требованиям к готовой продукции. Фракционная технология очистки семян ячменя обеспечивает повышение производительности поточной линии и качества продукции.

**Ключевые слова:** семена, трудноотделимые примеси, очистка, технология фракционной очистки.

## INCREASED CLEANING EFFICIENCY BARLEY SEED

Andrey A. Abiduev<sup>1</sup>, Albert Yu. Togmidon<sup>2</sup>, Aldar D. Shagzhiev<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup>abana47@mail.ru

**Abstract.** The seed material of barley prepared for sifting in the farms of the Republic of Buryatia has an unsatisfactory quality, basically, according to the content of seeds of other cultivated plants and weeds. In barley seeds, oats, wheat and wild oats are hard-to-separate impurities. The existing technology for cleaning seed grains in a stream on aggregates does not provide high efficiency. The capacity of the production line is low, and it is set according to the throughput of the trier cylinders. An analysis of the dimensional characteristics of seeds and their hard-to-separate impurities showed that a significant part of these impurities can be separated into a fine grain fraction on a seeding sieve, and this fraction is processed in trier cylinders with mesh sizes of 8.5 and 11.2 mm, where, respectively, short (wheat) and long impurities (oats and wild oats). At the same time, a large grain fraction meets the requirements for finished products. Fractional barley seed cleaning technology improves production line productivity and product quality.

**Keywords:** seeds, hard-to-separate impurities, purification, Fractional purification technology.

**Введение.** Семенной материал в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество в основном по засоренности, в частности по содержанию семян сорных (овсюга) и других культурных растений (овса, пшеницы). Известная технология



очистки семян ячменя в потоке, включающая обработку зерна в воздушно-решетных машинах и в триерных цилиндрах с размерами ячеек 6,3 и 11,2 мм [1], не обеспечивает высокую эффективность обработки зерна.

Самым узким местом в данной схеме очистки семян является триерная очистка. Триерные цилиндры оборудования агрегата ЗАВ – 20 с паспортной производительностью 20 т/ч имеют пропускную способность при очистке семян ячменя равную 5,2 т/ч, при этом производительность агрегата составляет 5,9 т/ч. К тому же обработка семян ячменя по данной схеме не обеспечивает получение высококачественного семенного материала по содержанию семян других культурных растений и сорняков.

**Условия и методы исследований.** Толщина компонентов зерна определялась путем просеивания на решетном классификаторе. Длина частиц определялась с помощью микрометра. При исследовании процесса очистки семян от трудноотделимых примесей по совокупности размеров использовался метод математического моделирования.

К трудноотделимым примесям семян относятся семена овса, пшеницы и овсюга. В семенном зерне семена пшеницы являются короткими примесями и они могут быть выделены в овсюжных цилиндрах с размером ячеек 8,5 мм..

Анализ размерных характеристик семян и их трудноотделимых примесей показывает, что значительная часть указанных примесей может быть выделена в мелкую фракцию при разделении его по толщине на подсевном решетке и отдельной обработки данной фракции в триерных цилиндрах.

Размеры семян подчиняются закону нормального распределения [2, 3], поэтому полнота выделения той или иной трудноотделимой примеси при обработке зерна на подсевном решетке с продолговатыми отверстиями шириной  $b_1$  (в долях единицы) может быть определена по выражению:

$$E = \Phi^* \left( \frac{b_1 - \bar{b}_n}{\sigma_{bn}} \right) \quad (1)$$

где  $b_n$  и  $\bar{b}_n$  – соответственно, среднее значение (математическое ожидание) толщины частиц трудноотделимой примеси и его среднее квадратическое отклонение, мм.

При этом выход семян (в долях единицы) может быть определен по выражению:

$$B = 1 - \Phi^* \left( \frac{b_1 - b_c}{\sigma_{bc}} \right), \quad (2)$$

где  $b_c$  и  $\sigma_{bc}$  – соответственно, среднее значение толщины семян основной культуры и его среднее квадратическое отклонение, мм.

При исследовании делимости компонентов зерна был использован метод математического моделирования [4, 5]. При повышении размера отверстий подсевного решета возрастают полнота выделения овсюга  $E_1$  и овса  $E_2$ , а выход семян  $B$  снижается (рис.1).

При разделении зерна по толщине 2,6 мм полнота выделения из него овсюга (в долях единицы) составляет 0,994, овса – 0,9099, пшеницы – 0,8106, при этом выход семян составляет 70,1 %. При разделении зернового материала по толщине 2,8 мм полнота выделения овса и пшеницы составляет, соответственно, 0,9802 и 0,9535, а выход семян достигает 50,2 %. Качественные показатели процесса разделения и очистки зерна получены из таблицы значений нормальной функции распределения [6, 8]. Мелкую фракцию зерна, содержащую

значительную часть трудноотделимых примесей (овсюга, овса и пшеницы), рекомендуется обработать в триерных цилиндрах с размером ячеек 8,5 и 11,2 мм, где из семенного материала выделяются, соответственно, короткие (пшеница) и длинные примеси (овес и овсюг).

Эффективность очистки семян от трудноотделимых примесей по совокупности размеров (толщине и длине) можно установить путем анализа их нормальных распределений [7]. Математическая модель процесса очистки семян от трудноотделимой примеси по совокупности размеров (толщине и длине) может быть представлена в виде:

$$E = \Phi^* \left( \frac{b_1 - \bar{b}_{II}}{\sigma_{bII}} \right) + [1 - \Phi^* \left( \frac{b_1 - \bar{b}_{II}}{\sigma_{bII}} \right)] \cdot \left[ 1 - \Phi^* \left( \frac{l_1 - \bar{l}_{II}}{\sigma_{lII}} \right) \right] \quad (3)$$

где  $l_n$  и  $\bar{b}_n$  – среднее значение и среднее квадратическое отклонение длины семян овса, мм.

Полнота выделения наиболее трудноотделимой примеси (овса) из зерна при разделении его по толщине 2,4 мм и максимальной длине семян основной культуры (10 мм), определенная по выражению (3) составляет 0,7751, что на 0,0943 выше, чем при разделении зерна по указанной толщине. При разделении зерна по толщине 2,6 мм и указанной длине полнота выделения данной примеси составляет 0,9364, что на 0,0265 выше, чем при разделении зерна по указанной толщине. Изменение полноты выделения овсюга  $E_1$  и овса  $E_2$  и выхода семян  $B$  при разделении зерна по толщине на подсевном решете и максимальной длине семян основной культуры в триерном цилиндре с ячейками диаметром 11,2 мм, полученные расчетным путем, представлены на рис. 1.

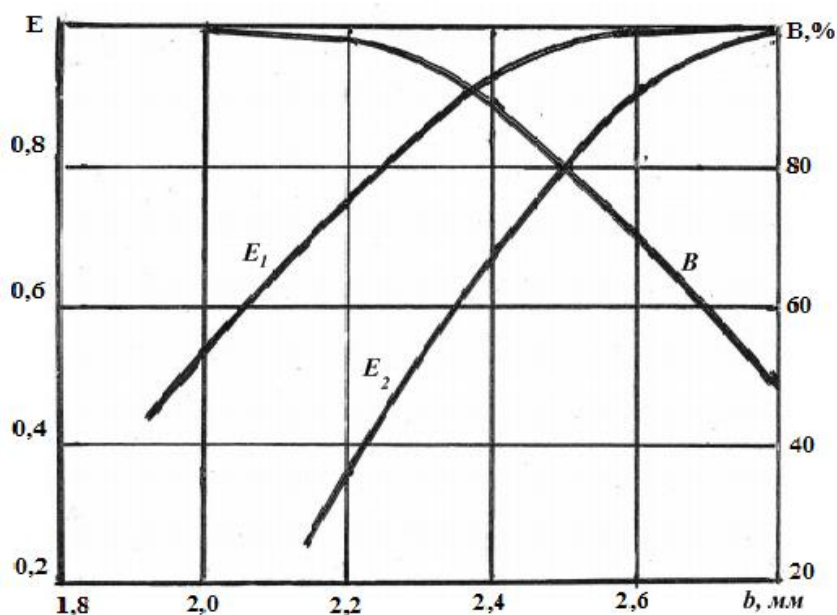


Рисунок 1 – Изменение полноты выделения примесей и выхода семян в зависимости от размера отверстий подсева решета

При повышении размера отверстий подсева решета повышаются полнота выделения овсюга и овса, однако при этом снижаются потери семян в отходы. Выбор подсева решета с тем или иным размером отверстий зависит от допустимой засоренности семенного материала.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Распределение семян ячменя и примесей по толщине: приведено на рис. 2.

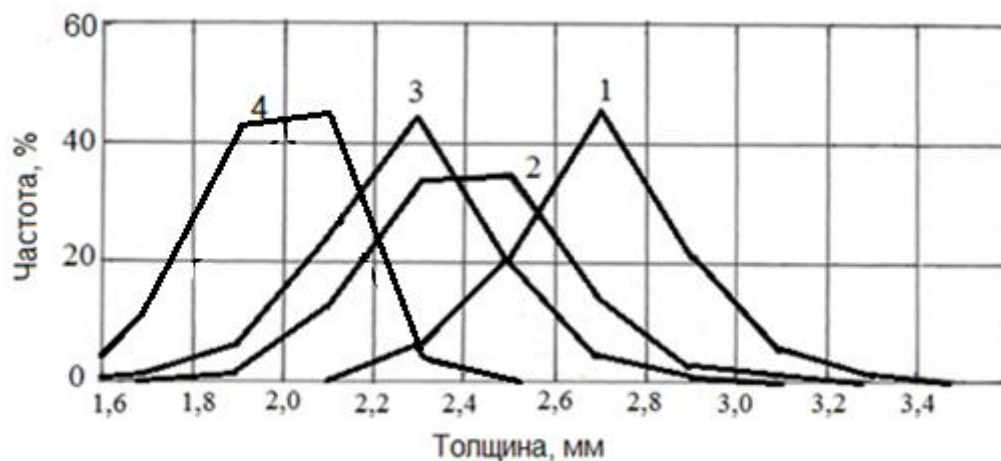


Рисунок 2 - Распределение семян ячменя и примесей по толщине: 1 – ячмень; 2 - пшеница; 3 – овес; 4 - овсюг;

Наибольшее перекрытие с семенами основной культуры по толщине имеют семена пшеницы, меньшее - семена овсюга (см. рис. 2). Размерные характеристики семян и их примесей (средне значение и среднее квадратическое отклонение) приведены в таблице.

Таблица 1 – Характеристики размеров компонентов зерна

Семена	Толщина		Длина	
	$\bar{b}$ , мм	$\sigma$ , мм	$\bar{l}$ , мм	$\sigma$ , мм
Ячмень	2,73	0,25	8,43	0,67
Овес	2,29	0,23	10,45	0,83
Овсюг	2,02	0,25	10,65	1,22
Пшеница	2,38	0,25	5,82	0,43

Экспериментальные исследования фракционного разделения и очистки семян на подсевном решете и обработки его в триерах показали, что разработанный метод позволяет определить качественные показатели (полноту выделения трудноотделимых примесей и выход семян) с допустимой погрешностью. Повышается качество очистки мелкой фракции зерна от длинных примесей (овса и овсюга) за счет того, что мелкие семена основной культуры и указанные примеси по длине не перекрываются [5, 6, 7].

Предлагаемая технология фракционной очистки семян ячменя, включающая предварительную очистку, разделение обрабатываемого материала на подсевном решете на крупную и мелкую фракции и пропуск последней через триерные цилиндры с ячейками 8,5 и 11,2 мм, обеспечивает повышение производительности поточной линии и качества готовой продукции и снижение эксплуатационных затрат.

Триерные цилиндры с продолговатыми (в плане) ячейками обеспечивают повышение производительности триеров. Число продолговатых ячеек на 1 м<sup>2</sup> поверхности цилиндра для очистки семян ячменя от длинных примесей в 1,5 – 1,6 раза больше стандартных, имеющих в плане круглую форму. Экспериментальные исследования показали, что стандартные ячейки выносят в желоб в среднем 1,1 зерновки, а ячейки продолговатой формы 1 зерновку. Соответственно производительность ячеистой поверхности с продолговатыми в плане ячейками выше, чем ячеистой поверхности со стандартными ячейками на 42 – 48 %.

**Выводы.** Разработана технология фракционной очистки семенного зерна ячменя от трудноотделимых примесей, включающая предварительную очистку, фракционное разделение и очистку семенного зерна на подсевном решете и обработку его мелкой фракции в триерных цилиндрах с размерами ячеек 8,5 и 11,2 мм. Предлагаемая технология очистки семян ячменя обеспечивает повышение производительности поточной линии и качества продукции и снижение эксплуатационных затрат. Триерные цилиндры с продолговатыми ячейками рекомендуются использовать при очистке семян от длинных примесей.

#### Список источников

1. Вайсман М.Л. Обоснование схемы процесса сепарации семян / М.Л. Вайсман, А.Р. Резников // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1973. № 1. – С. 41-42.
2. Урханов Н.А. Интенсификация послеуборочной обработки и очистки зерна от примесей по длине / Н.А. Урханов // Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 1999.-320 с
3. Ермольев Ю.И. Моделирование процесса фракционной очистки зерна в зерноочистительном агрегате / Ю.И. Ермольев, М.Ю.Кочкин, Г.И. Лукинов, А.В. Бутовчегнко // Вестник Донского ГТУ. 2010.- № 3 (46). – С. 386 – 396.
4. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Венцель. –М.: Высшая школа,1999.- 576с.
5. Абидуев А.А. Очистка семян ячменя от трудноотделимых примесей / А.А. Абидуев, А.С. Пехутова, М.Б. Балданов, А.Ю. Тогмидон // Вестник ДальГАУ. 2022. Том 16, № 3. – С. 74 – 80.
6. Обоснование параметров сепаратора для очистки семян пшеницы от длинных примесей / А. А. Абидуев, С. В. Петунов, Н. А. Урханов, А. А. Абидуев // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 3(82). – С. 41-45. – DOI 10.53980/24131997\_2021\_3\_41. – EDN NCMFEJ.
7. Обоснование технологического процесса фракционной очистки зерна / А. А. Абидуев, А. С. Пехутов, А. А. Абидуев // Инновационное развитие АПК Байкальского региона : Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 90-летию Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, 01–03 декабря 2021 года. – Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2021. – С. 80-84. – EDN DCDFRQ.
8. Формализация принципа технологической совместимости при исследовании посевных комплексов / Д. Н. Раднаев, С. С. Ямпиров, Ю. А. Сергеев, А. А. Абидуев // Аграрная Россия. – 2019. – № 4. – С. 33-36. – DOI 10.30906/1999-5636-2019-4-33-36. – EDN BLPNFZ.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА НА ПОЧВУ

Ильшат Анварович Гайнуллин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия

<sup>1</sup>gainullin\_ia@mail.ru

***Аннотация.** В связи с использованием ресурсосберегающих технологий в растениеводстве, с увеличением скорости и ширины захвата машинно-тракторных агрегатов, возросли мощности и массы тракторов. Повышение мощности трактора приводит к увеличению его массы и воздействия движителей на почву. Целью исследований является определение давления движителей колесного трактора на почву. Давление на почву замерялось с помощью силоизмерительных датчиков. Четыре датчика давления установлены на глубину 0,2 м при расстоянии датчиками 1 м. Представлены результаты экспериментальных исследований по определению давления движителей колесного трактора на почву. Исследованиями установлено, что по следу колесных тракторов увеличивается значения максимальных давлений тракторов на почву. Для равномерного распределения давления между переднего и заднего колесами, необходимо обосновать расположение противовесов на тракторе в зависимости от агрегата и технологии полевых работ.*

**Ключевые слова:** колесный трактор, колесо, испытания, датчики, давление, почва.

## DETERMINATION OF THE IMPACT OF A WHEELED TRACTOR ON THE SOIL

Ilshat A. Gainullin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia

<sup>1</sup>gainullin\_ia@mail.ru

***Abstract.** Due to the use of resource-saving technologies in crop production, with an increase in the speed and width of the machine-tractor units, the power and weight of tractors have increased. Increasing the power of the tractor leads to an increase in its mass and the impact of propellers on the soil. The purpose of the research is to determine the pressure of the propellers of a wheeled tractor on the soil. The pressure on the soil was measured using force-measuring sensors. Four pressure sensors are installed to a depth of 0.2 m at a distance of 1 m by sensors. The results of experimental studies to determine the pressure of the propellers of a wheeled tractor on the soil are presented. Studies have found that the values of maximum tractor pressures on the soil increase along the trail of wheeled tractors. For an even distribution of pressure between the front and rear wheels, it is necessary to justify the location of counterweights on the tractor, depending on the unit and technology of field work.*

**Keywords:** wheeled tractor, wheel, tests, sensors, pressure, soil.

**Введение.** Современное растениеводство ведется на основе внедрения ресурсосберегающих технологий земледелия, основанных на минимальных и нулевых обработках почвы, использовании широкозахватных скоростных комбинированных посевных комплексов и направлены на сохранение и повышение плодородия почвы [1-6]. Комбинированные агрегаты за один технологический проход выполняют комплекс агротехнических операций. В настоящее время наибольшее применение находит совмещение операций предпосевной обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур.

Современные посевные комплексы работают в широком диапазоне изменения тягового сопротивления это связано с параметрами и режимами работы почвообрабатывающе

посевных комплексов, с шириной захвата и с изменением веса технологических емкостей, вследствие расхода семян, удобрений и топлива в баке трактора. Однако, повышение мощности трактора приводит к увеличению его массы и воздействия движителей на почву [7-10]. В настоящее время в агропромышленный комплекс поступает большое количество новых тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин отечественного и импортного производства. Однако, информации по воздействию движителей на почву многих тракторов отсутствуют.

Целью исследований является определение давления движителей колесного трактора на почву. Объектом исследования является колесный трактор TAIHONG TH 2204 (табл. 1, рис. 1) с дизелем мощностью 161,9 кВт (табл. 2). Для сравнения использовался трактор Кировец К 739. Испытания трактора TAIHONG-TH 2204 проводились на полях муниципального района Кармаскалинский район Республики Башкортостан.

Таблица 1– Основные параметры колесного трактора TAIHONG TH 2204

Параметры		Единица	Значение
Размеры	длина	мм	5550
	ширина	мм	2490 (одиночные колеса) 3480 (спаренные колеса)
	высота	мм	3200
Размеры шины (передние/задние)		-	18,4-26, 20,8-38
Колесная база		мм	2820
Дорожный просвет		мм	530
Передние противовесы		кг	850
Задние противовесы		кг	480
Конструкционная масса (переднее/заднее)		кг	7300 (3090/4240)
Коробка передач (вперед/назад)		-	16/16
Сцепление		-	Двухступенчатая муфта «мокрая»
ВОМ		об/мин	540/1000
Топливный бак		л	430



Рисунок 1- Измерение нагрузки, приходящий на заднюю ось трактора TAIHONG TH 2204

Таблица 2 – Основные параметры дизеля модели SC7H220G3 производства Shanghai Diesel

Параметры	Единица	Значение
Тип	-	рядный, с непосредственным впрыском и турбонаддувом
Количество цилиндров	шт	6
Объем	л	6,4
Мощность	кВт/л.с	161,9/220
Номинальная частота вращения коленчатого вала	об/мин	2200
Номинальный крутящий момент	Н·м	860
Частота вращения коленчатого вала при номинальном крутящем моменте	об/мин	1400

**Материалы и методы исследований.** Давление движителей трактора на почву замерялось с помощью силоизмерительных датчиков. На выбранном участке отрывали траншею. На дно траншеи по ее продольной оси датчики устанавливали на глубину 0,2 м при расстоянии датчиками 1 м (рис.2). Траншею с заложенными датчиками засыпали песком.



Рисунок 2 – Установка датчиков давления в почве на глубину 0,2 м

Линию установки датчиков трассировали контрастным гибким шнуром. Начало замеров производилось на расстоянии 3 м от оси переднего колеса тракторов до первого датчика. Окончание замеров после того как заднее колесо тракторов удалится от четвертого датчика на расстояние 3 м. Скорость движения тракторов над датчиками осуществлялся на первой передаче. На каждом режиме воздействий проводились не менее трех зачетных опытов.

**Результаты исследований.** Результаты воздействия на почву движителей колесных тракторов TAIHONG TH 2204, Кировец К 739 представлены в табл.3, рис. 3.

Таблица 3 – Максимальные нормальные давления движителей колесных тракторов на почву

Режимы движения	Максимальные нормальные давления в почве, кПа			
	ТАIHONG TH 2204		Кировец К 739	
	переднее	заднее	переднее	заднее
Холостой ход, без нагрузки	74,05	113,25	98,5	65,5

В результате исследований установлено, что по следу колесных тракторов TAIHONG TH 2204, Кировец К 739 возрастает негативное воздействие на почву: увеличивается значения максимальных давлений тракторов на почву. Увеличение максимальных давлений в почве влияет на заделку семян при посеве культур и в дальнейшем на их урожайность.



Анализ результатов показывает, для тракторов ТАИHONG TH 2204, Кировец К 739:

– максимальные значения давления соответствуют наезда на датчики переднего и заднего колес, при этом после прохода колес остаточные давления незначительны;

– при движении тракторов без тяговой нагрузки максимальное давление на почвенном слое 0,2 м зафиксировано при прохождении переднего колеса:  $q_{max}=74,0$  кПа для трактора ТАИHONG TH 2204, проходе над датчиками заднего колеса значение максимального давления увеличились до 113,25 кПа. Это связано, что центр тяжести трактора ТАИHONG TH 2204 расположен ближе к заднему мосту, продольная горизонтальная координата равна 1,19 м от заднего моста и соответственно нагрузка на заднее колесо больше, чем переднее колесо.

– у колесного трактора Кировец К 739 давление переднего колеса на почву составляет  $q_{max} = 98,5$  кПа, при проходе над датчиками заднего колеса значение максимального давления снизилось 65,5 кПа, примерно на 33,5%. Это связано, что центр тяжести тракторов расположен ближе к переднему мосту и соответственно нагрузка на переднее колесо больше, чем заднее колесо. При работе с орудиями увеличивается нагрузка на крюке трактора. С увеличением нагрузки на крюке, максимальное давление на заднее колесо увеличивается, а переднее колесо разгружается.

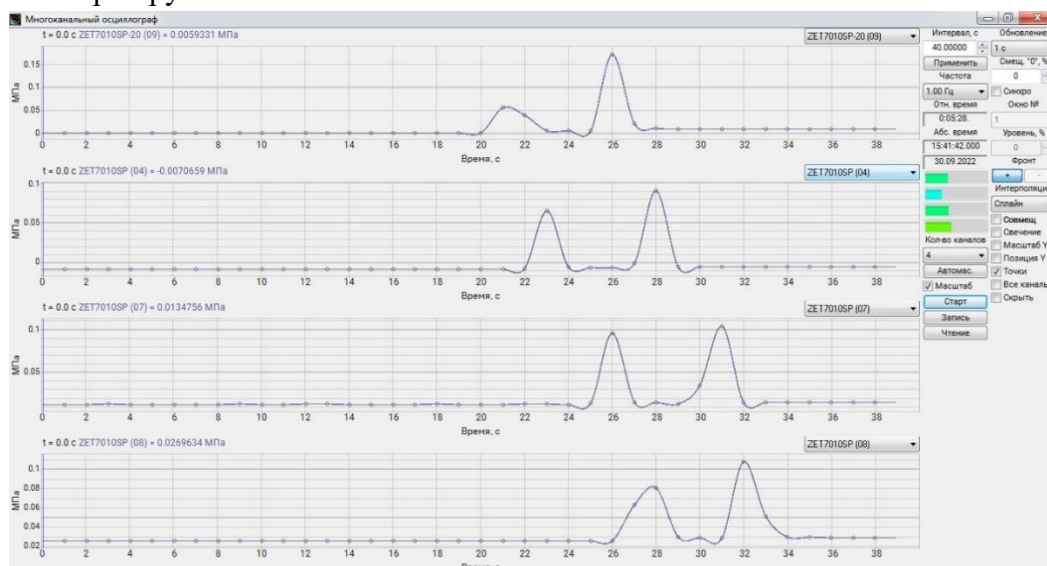


Рисунок 3 – Фрагмент осциллограммы определения давления колесного трактора ТАИHONG TH 2204 на почву

**Выводы, рекомендации.** На основе результатов, установлено, что максимальные значения давления соответствуют наезда на датчики переднего и заднего колес, при этом после прохода колес остаточные давления незначительны.

При движении тракторов без тяговой нагрузки максимальное давление на почвенном слое 0,2 м зафиксировано при прохождении переднего колеса:  $q_{max}=56,05$  кПа для трактора ТАИHONG TH 2204, проходе над датчиками заднего колеса значение максимального давления увеличились до 159,56 кПа. Это связано с тем, что центр тяжести трактора ТАИHONG TH 2204 расположен ближе к заднему мосту и соответственно нагрузка на заднее колесо больше, чем переднее колесо. Для равномерного распределения давления между колесами, необходимо обосновать расположение противовесов на тракторе в зависимости от агрегата и технологии полевых работ.

## Список источников

1. Бледных В.В. Почвообрабатывающе-посевной комплекс "Уралец" для энерго- и ресурсосберегающих технологий // Бледных В.В., Мазитов Н.К., Рахимов Р.С., Стоян С.В., Коновалов В.Н., Хлызов Н.Т., Рахимов И.Р., Поликутин Н.Г. / Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 8. С. 18-21.
2. Повышение эффективности работы комбинированных машин и комплексов // Раднаев Д.Н., Дамбаева Б.Е. / Вестник ВСГУТУ. 2021. № 1 (80). С. 55-60.
3. Мазитов Н.К. Эффективность зарубежных и отечественных почвообрабатывающе-посевных комплексов // Мазитов Н.К., Сахапов Р.Л., Багманов Р.С., Шарафиев Л.З., Гарипов Н.Э., Прокопенко В.А. Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 4. С. 12-15.
4. Халиуллин К.З. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в степных агроландшафтах Республики Башкортостан / Халиуллин К.З., Киекбаев Т.И., Лукьянов С.А., Гайнуллин И.А.// Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 34-36 – EDN FNEAKF.
5. Солодун В.И., Результаты сравнительных исследований посевных комплексов // Солодун В.И., Поляков Г.Н., Горбунова М.С., Перевалов В.М. / Вестник ИрГСХА. 2010. № 38. С. 110-117.
6. Нуруллин Э.Г. Энергосберегающие посевные комплексы "Агромастер" // Нуруллин Э.Г., Исламов И.З., Салахов И.М. / Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2010. Т. 2. С. 151-156.
7. Гайнуллин И.А. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву // Гайнуллин И.А., Зайнуллин А.Р. / Фундаментальные исследования. 2017. № 2. С. 31-36. DOI: 10.17513/fr.41352 – EDN YGGCIX.
8. Калашников С.С. Влияние ходовых систем тракторов на плодородие каштановых почв Бурятии // Калашников С.С., Раднаев Д.Н., Пехутов А.С., Лабаров Д.Б., Балданов М.Б. / Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 6. С. 109-112.
9. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Hasanov E., Farhutdinov I. Soil compaction management: reduce soil compaction using a chain-track tractor. Journal of Terramechanics. 2020. Т. 89. С. 1-12. - doi: 10.1016 /j.jterra.2020.02.002 – EDN ZGPUBQ.
10. Mudarisov S., Gainullin I., Gabitov I., Khasanov E. Improvement of traction indicators of a track-chain tractor // Komunikacie. 2020. Т. 22. № 3. С. 89-102. - doi: 10.26552/com.c.2020.3.89-102 – EDN BCTFWE.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРИ РОТОРНОМ СПОСОБЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Тамерлан Рамазанович Апишев<sup>1</sup>, Виктор Александрович Дробот<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Краснодар, Россия

<sup>1</sup>apishev2015@mail.ru

<sup>2</sup>viktor.drobot.85@mail.ru

*Аннотация.* Основная цель исследования заключается в улучшении параметров дискового рабочего органа в почвообрабатывающем агрегате и изучении влияния свойств почвы на его положение и тяговое сопротивление. Для достижения этой цели была проведена оценка влияния конструктивных параметров и режимов работы на технико-экономические показатели агрегата при выполнении мелкой обработки почвы с использованием дискового рабочего органа. В результате проведенного исследования была разработана и оптимизирована конструктивно-технологическая схема дискового рабочего органа в почвообрабатывающем агрегате. Кроме того, были исследованы изменения пространственного положения рабочего органа в зависимости от характеристик почвы и оценено влияние конструктивно-технологических параметров и свойств почвы на сопротивление передвижению рабочего органа. Результаты работы включают математические модели оптимизации конструктивных параметров, закономерности изменения положения дискового рабочего органа в зависимости от свойств обрабатываемой почвы, зависимость тягового сопротивления от параметров органа и характеристик почвы, также была исследована связь между технико-экономическими показателями агрегата и его конструктивными и режимными особенностями работы. Подтверждением новизны работы служат два патента РФ на изобретение № 2275782 и № 2436270.

**Ключевые слова:** оптимизация, рабочий орган, почвообрабатывающий агрегат, свойства почвы, тяговое сопротивление, технико-экономические показатели, математические модели.

## JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE DISK WORKING BODY IN THE ROTARY METHOD OF TILLAGES

Tamerlan R. Apishev<sup>1</sup>., Victor Al. Drobot<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

<sup>1</sup>apishev2015@mail.ru2mail

<sup>2</sup>viktor.drobot.85@mail.ru

*Abstract.* The main purpose of the study is to improve the parameters of the disk working body in the tillage unit and to study the influence of soil properties on its position and traction resistance. To achieve this goal, an assessment of the influence of design parameters and operating modes on the technical and economic indicators of the unit was carried out when performing shallow tillage using a disk working body. As a result of the conducted research, the design and technological scheme of the disk working body in the tillage unit was developed and optimized. In addition, changes in the spatial position of the working body were investigated depending on the characteristics of the soil and the influence of structural and technological parameters and soil properties on the resistance to movement of the working body was evaluated. The results of the work include mathematical models of optimization of design parameters, patterns of changes in the

*position of the disk working body depending on the properties of the cultivated soil, the dependence of traction resistance on the parameters of the body and soil characteristics, the relationship between the technical and economic indicators of the unit and its structural and operational features of operation was also investigated. The novelty of the work is confirmed by two patents of the Russian Federation for invention No. 2275782 and No. 2436270.*

**Keywords:** optimization, working body, tillage unit, soil properties, traction resistance, technical and economic indicators, mathematical models.

**Введение.** Актуальность исследований обосновывается необходимостью поиска и внедрения современных методов и технологий обработки почвы [1, 2], способствующих улучшению ее качества, что оказывает определяющее воздействие на урожайность возделываемых культур, сокращению энергетических, трудовых и экономических затрат.

Применяемые в настоящее время машины не в полной мере выполняют агротребования по измельчению и заделке пожнивных остатков, выравниванию поверхности поля, количеству ценных в агрономическом смысле частиц почвы, подрезанию сорной растительности, созданию требуемого воздушного и водного баланса [3, 4]. В конечном итоге это снижает эффективность и производительность сельскохозяйственного производства.

Для решения указанных проблем в данном исследовании предлагается разработка и оптимизация рабочего органа для мелкой обработки почвы с использованием горизонтально расположенного сферического диска, оснащенного выступами. Основной целью исследования является теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы рабочего органа и разработка математических моделей для оптимизации его параметров в почвообрабатывающем агрегате.

Применение результатов исследования будет способствовать увеличению производительности в сельском хозяйстве, улучшению качества обработки почвы, сокращению затрат на эту операцию, популяризации отечественной техники и технологий [5, 6].

**Условия и методы.** Рассмотрим обоснование конструктивно-технологической схемы изучаемого рабочего органа, разработанных аналитических зависимостей, показывающих взаимосвязь физико-механических характеристик обрабатываемой среды с конструктивными параметрами этого рабочего органа.

Рассмотрим изучаемый рабочий орган как ротор, вращающийся вокруг продольно-наклоненной оси. Движение такого рабочего органа можно охарактеризовать траекторией точек, принадлежащих его поверхности, величиной и направлением скорости наиболее значимой точки, а также, в некоторых случаях, величиной и направлением ускорения. Исследуемый рабочий орган представляет собой диск со сферической поверхностью (рисунок 1) на которой имеются специальные выступы (лопатки) (рисунок 2). Траекторию движения точки по поверхности диска можно описать с помощью уравнений 1 – 5, где угол наклона оси вращения к направлению движения  $\chi$  и угол  $\theta$  между проекцией оси вращения на ось, совпадающую с направлением движения, и осью, перпендикулярной к направлению движения имеют фиксированные значения ( $\theta = 90^\circ$  и  $\chi = 85^\circ$ ), а рабочий орган рассматривается как ротор с продольно-наклоненной осью вращения:

$$x = v_n \cdot t + (r - r \cdot \cos\xi) \cdot \cos\chi + r \cdot \sin\xi \cdot \sin\chi \cdot \sin\omega t, \quad (1)$$

$$y = -r \cdot \sin\xi \cdot \cos\omega t, \quad (2)$$

$$z = (r - r \cdot \cos\xi) \cdot \sin\chi - r \cdot \sin\xi \cdot \cos\chi \cdot \sin\omega t, \quad (3)$$

$$v = v_n \cdot \sqrt{1 + \lambda^2 \cdot \sin^2\xi + 2 \cdot \lambda \cdot \sin\xi \cdot \sin\chi \cdot \cos\omega t}, \quad (4)$$

$$\varpi = \omega^2 \cdot r \cdot \sin\varphi, \quad (5)$$

$v_n$  – скорость поступательного движения ротора, м/с;  
 $\omega$  – угловая скорость ротора, с<sup>-1</sup>;  
 $t$  – время движения, с;  
 $r$  – радиус сферы диска, м;  
 $\xi$  – угол между осью вращения и радиусом сферы, град;  
 $\lambda$  – кинематический параметр ротора;  
 $\varpi$  – абсолютное ускорение точки, м/с<sup>2</sup>.

Путем анализа силового взаимодействия между рабочим органом и почвенным слоем (рисунок 1) было установлено условие, при котором рабочий орган заглубляется. Сила  $P$ , действующая на предлагаемый дисковый рабочий орган, вызывает заглубление при величине угла  $\psi$  (6) больше нуля. Заглублению будет способствовать и вертикальная составляющая  $P_z$ .

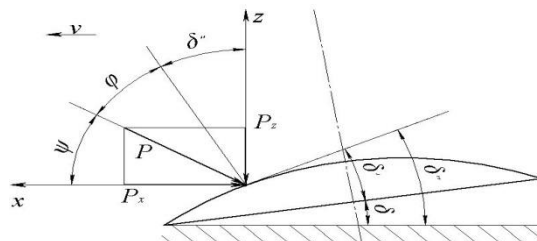


Рисунок 1 – Схема действия силы  $P$  при положительном значении угла  $\psi$

$$\psi = \frac{\pi}{2} - (\delta'' + \varphi), \quad (6)$$

В результате движения диска в почве возникает горизонтальное усилие  $P_x$ , которое действует на его поверхность (рисунок 2).

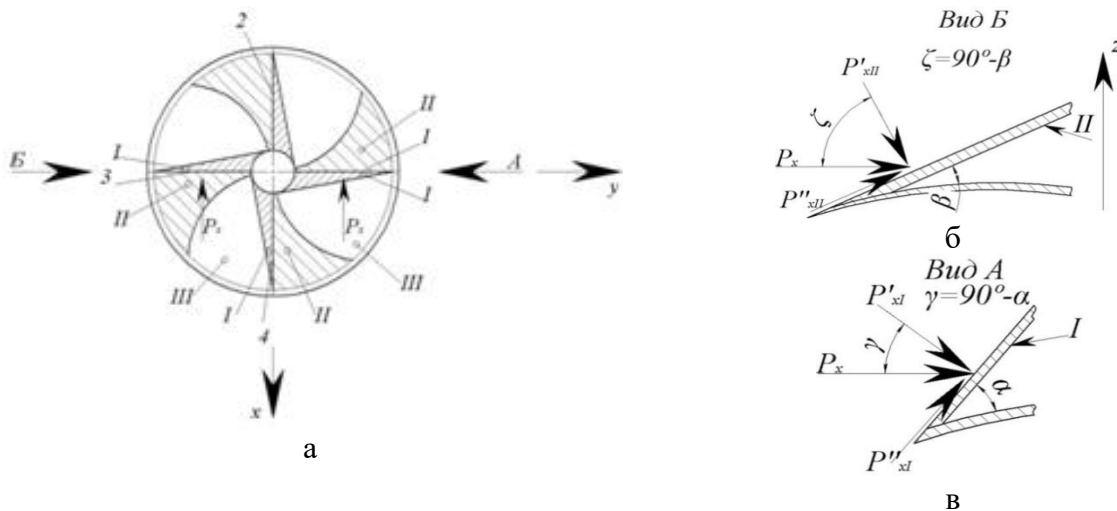


Рисунок 2 – Силы, действующие на рабочий орган

а) дисковый рабочий орган (1, 2, 3, 4 – лопатки; I, II – поверхности лопаток, III – поверхность диска); б) схема сил, действующих на поверхность II; в) схема сил, действующих на поверхность I.

Изучение колебательного движения рабочего органа позволило получить следующие условия. В начале движения под действием горизонтальной составляющей тягового сопротивления диск поворачивается, и выполняется условие (7):

$$P_x \cdot \sin\beta < P_x \cdot \sin\alpha. \quad (7)$$

Такое движение происходит до момента поворота диска на угол  $\mu$ , после чего происходит перераспределение силы, и рабочий орган поворачивается в противоположную сторону в соответствии с условием (8):

$$P_x \cdot \sin\beta \cdot \cos\mu + 2 \cdot k \cdot P_x \cdot \sin\delta'' + f \cdot P_x \cdot \sin\beta > P_x \cdot \sin\alpha \cdot \cos\mu \quad (8)$$

где  $f$  - коэффициент трения.

Анализ сил, приложенных к поверхности лопатки со стороны пласта (рисунок 3), позволят прийти к зависимости:

$$P = dQ_p + dI_p + dP \quad (9)$$

где  $dQ_p$  – проекция силы веса на выбранную ось,

$dI_p$  – проекция силы инерции на ось  $p$ ,

$dP$  – проекция элементарной подъемной силы, вызванной сжимающими усилиями пласта (проекция равнодействующей силы  $T$  и  $T'$  на касательную плоскость к поверхности).

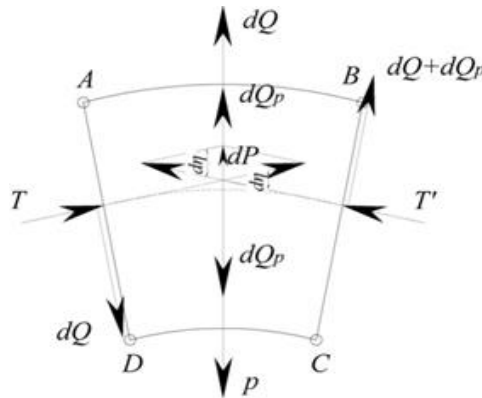


Рисунок 3 – Схема к рассмотрению сил, действующих на пласт

Условие вращения диска имеет вид:

$$\left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\beta < < \left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\alpha. \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & \left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\beta \cdot \cos\mu + \\ & + 2 \cdot f \cdot \left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\delta'' + \\ & + f \cdot \left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\beta > > \left( a \cdot b \cdot \gamma \cdot \sin\varepsilon \cdot \cos\tau + \frac{a \cdot b \cdot \gamma}{g} \cdot v_r^2 \cdot k + T \cdot k \right) \cdot \sin\alpha \cdot \cos\mu. \end{aligned} \quad (11)$$

Беря за основу теорию В. П. Горячкина горизонтальную составляющую силы тяги  $P$ , действующую на рабочий орган, движущийся с постоянной скоростью, выразим следующим образом:

$$P_x = R_{3X} + R_{KX} + R_{GX} + R_{FX}. \quad (12)$$

Согласно исследованиям, выполненным В. П. Горячкиным и Г. Н. Синеоковым, были получены следующие математические формулы для составляющих:

$$R_{3X} = \lambda \cdot G_m \cdot \frac{\sin\varepsilon_3 \cdot \sin\gamma + f \cdot (\cos^2\gamma + \cos\varepsilon_3 \cdot \sin^2\gamma)}{\cos\varepsilon_3 - f \cdot \sin\gamma \cdot \sin\varepsilon_3} \quad (13)$$

$$R_{KX} = a \cdot b \cdot [k + \varepsilon \cdot (v - \Delta v)^2], \quad (14)$$

$$R_{GX} = a \cdot b \cdot l \cdot \gamma_{06} \cdot \frac{\sin\delta + f \cdot (\cos\gamma \cdot \operatorname{ctg}\gamma + \sin\gamma \cdot \cos\delta)}{\cos\delta - f \cdot \sin\gamma \cdot \sin\delta} \quad (15)$$

$$R_{FX} = \frac{a \cdot b \cdot \gamma_{06} \cdot v^2 \cdot \sin^2\gamma \cdot [\sin\delta + f \cdot \sin\gamma \cdot (\operatorname{ctg}^2\gamma + \cos\delta)]}{g \cdot (\operatorname{ctg}\delta - f \cdot \sin\gamma)} \quad (16)$$

где  $\lambda$  – коэффициент ( $\lambda = 0,3-0,4$ );

$G_m$  – вес машины, Н;

$\varepsilon_3$  – задний угол резания ( $\varepsilon_3 = 10-12$ );

$\gamma$  – угол скоса лезвия, град;

$f$  – коэффициент трения;

$a$  – толщина пласта (глубина обработки), м;

$b$  – ширина рабочей поверхности клина (ширина пласта), м;

$l$  – длина рабочей поверхности клина (длина пласта), м;

$\gamma_{об}$  – объемный вес почвы, Н/м<sup>3</sup>;

$k$  – коэффициент, учитывающий свойства почвы и геометрическую форму рабочего органа;

$\varepsilon$  – коэффициент скоростного сопротивления;

$v$  – переносная (поступательная) скорость, м/с;

$\Delta v$  – приращение скорости свыше 5 км/ч (1,4 м/с);

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

**Результаты и обсуждение.** Подставляя выражения для составляющих в уравнение (12) получили аналитическое выражение [7, 8], которое позволяет анализировать величину горизонтальной составляющей силы сопротивления почвы, действующей на исследуемый диск, в зависимости от конструктивно-технологических факторов:

$$P_x = \lambda \cdot G_m \cdot \frac{\sin \varepsilon_3 \cdot \sin \gamma + f \cdot (\cos^2 \gamma + \cos \varepsilon_3 \cdot \sin^2 \gamma)}{\cos \varepsilon_3 - f \cdot \sin \gamma \cdot \sin \varepsilon_3} + a \cdot b \cdot [k + \varepsilon \cdot (v - \Delta v)^2] + a \cdot b \cdot l \cdot \gamma_{об} \cdot \frac{\sin \beta + f \cdot (\cos \gamma \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \sin \gamma \cdot \cos \beta)}{\cos \beta - f \cdot \sin \gamma \cdot \sin \beta} + \frac{a \cdot b \cdot \gamma_{об} \cdot v^2 \cdot \sin^2 \gamma \cdot [\sin \beta + f \cdot \sin \gamma \cdot (\operatorname{ctg}^2 \gamma + \cos \beta)]}{g \cdot (\operatorname{ctg} \beta - f \cdot \sin \gamma)}. \quad (17)$$

При изучении взаимосвязи между силой сопротивления почвы  $P_x$ , действующей на дисковый рабочий орган, и диаметром диска (рисунок 4), можно заметить, что сила сопротивления увеличивается с ростом диаметра дискового рабочего органа.

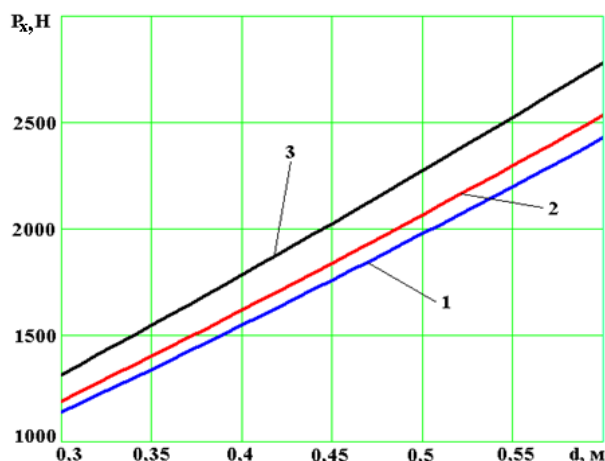


Рисунок 4 – График зависимость горизонтальной составляющей силы сопротивления, действующей при обработке почвы, от диаметра дискового рабочего органа при: 1 – скорости движения  $v_p = 5$  км/ч, 2 – скорости движения  $v_p = 8,84$  км/ч, 3 – скорости движения  $v_p = 12$  км/ч.

Изменение значений скорости движения агрегата в выражение (17) показало (рисунок 5) увеличение силы сопротивления почвы, действующей на дисковый рабочий орган при скорости движения, превышающей 5 км/ч.



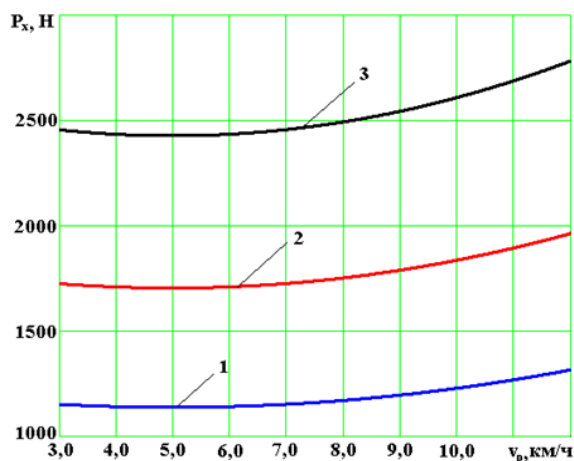


Рисунок 5 – Зависимость горизонтальной составляющей силы сопротивления, возникающей при обработке почвы дисковым рабочим органом, от скорости движения агрегата при: 1 – диаметр рабочего органа 0,30 м, 2 – диаметр рабочего органа 0,437 м, 3 – диаметр рабочего органа 0,60 м.

**Заключение.** В результате проведенных исследований дискового рабочего органа применительно к энергосберегающим технологиям обработки почвы, вопросам состояния земледелия [9, 10] получены следующие аспекты практического применения результатов исследования:

1. разработана уникальная конструктивно-технологическая схема почвообрабатывающего рабочего органа, представляющего собой горизонтально расположенный диск с лопатками. Эта схема отличается от существующих решений и позволяет эффективно воздействовать на почву;
2. созданы оригинальные аналитические математические модели, которые позволяют точно оценить силовое воздействие лопаток диска на почву в зависимости от их положения и геометрии. Эти модели обеспечивают более точные расчеты и предположения;
3. были выявлены новые зависимости изменения тягового сопротивления рабочего органа и машины, которые определяются различными факторами, такими как количество лопаток, диаметр диска и скорость движения.

#### Список источников

1. Новая полевая установка для динамометрирования и результаты оценки тяговых сопротивлений почвообрабатывающего рабочего органа / Дробот В.А., Тарасенко Б.Ф. // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 12. – С. 10-12.
2. Новая полевая установка для инженерной оценки почвообрабатывающих рабочих органов / Дробот В.А., Тарасенко Б.Ф. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 91. – С. 712-720.
3. Экологизация сбросных дренажных вод внутрихозяйственной сети рисовых оросительных систем / Ванжа В.В., Шишкин А.С. // В книге: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник тезисов по материалам Всероссийской (национальной) конференции. Ответственный за выпуск А. Г. Коцаев. – 2019. – С. 464-465.
4. К вопросу использования водных ресурсов родниковых каптажных водозаборов для водоснабжения рисовых систем / Сидakov А.А., Бандурин М.А., Ванжа В.В. // Мичуринский агрономический вестник. – 2020. – № 1. – С. 46-55.
5. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных машин для внесения твердых органических удобрений / Винеvский Е.И., Папуша С.К., Николенко А.Ю. //

Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 180. – С. 42-51.

6. Факторы, способствующие развитию почвообрабатывающей техники и технологий / Брусенцов А.С. // В книге: Итоги научно-исследовательской работы за 2021 год. Материалы Юбилейной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Кубанского ГАУ. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. Краснодар, – 2022. – С. 329-331.

7. Математическое моделирование при определении удельного сопротивления почвообрабатывающего дискового рабочего органа / Черняева С.О., Брусенцов А.С. // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год: в 3-х частях. Краснодар, – 2022. – С. 301-303.

8. Влияние конструкции шпору катка для сплошного прикатывания на рыхление и уплотнение почвы / Раднаев Д.Н., Сергеев Ю.А., Абидуев А.А., Калашников С.С. // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – Т. 16. № 4. – С. 114-121.

9. Состояние и развитие земледелия в Бурятии на примере Спк «Колхоз Искра» / Батудаев А.П., Цыбиков Б.Б., Соболев В.А. // В сборнике: Основные приемы и технологии совершенствования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Солодуна Владимира Ивановича. Молодёжный, – 2022. – С. 22-26.

10. Вопросы аналитики в сельском хозяйстве / Ванзатова Е.О. // В сборнике: Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню российской науки. – 2020. – С. 152-155.

## СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

**Павел Александрович Дыров**<sup>1</sup>, магистрант

<sup>1</sup>Новосибирский Государственный Аграрный Университет Инженерный институт, г. Новосибирск, Россия

<sup>1</sup>code\_1@mail.ru

Руководитель - доцент кафедры надёжности и ремонта машин, к.т.н. Александр Афанасьевич Малышко

***Аннотация.** Цель исследования заключалась в проведении анализа существующих современных стратегий технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств, направленных на поддержание их в работоспособном состоянии. В статье описаны основные существующие на данный момент стратегии технического обслуживания и текущего ремонта. В данной работе описаны методы выполнения корректирования периодичности технического обслуживания, рассмотрены недостатки и достоинства существующих методов, в том числе и недостатки планово-предупредительной системы обслуживания. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания транспортного средства важно для организации технического обслуживания и является актуальной задачей. Сделан вывод о том, что для современного транспортного средства наиболее целесообразна стратегия обслуживания по фактическому техническому состоянию, наиболее перспективна и эффективна в настоящее время.*

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, ремонт, надежность, стратегии технического обслуживания и ремонта, автомобиль, техническая эксплуатация.

## MAINTENANCE AND REPAIR STRATEGIES FOR MODERN VEHICLES

**Pavel A. Dyrov**<sup>1</sup>, magistracy

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University Engineering Institute, Novosibirsk city, Russia

<sup>2</sup>code\_1@mail.ru

Head - Associate Professor of the Department of Reliability and Repair of Machines, candidate of Science, Malyshko A.A.

***Abstract.** The purpose of the study was to analyze the existing modern strategies for maintenance and routine repair of vehicles aimed at maintaining them in working condition. The article describes the main strategies currently existing for maintenance and routine repairs. This paper describes the methods of performing the correction of the frequency of maintenance, considers the disadvantages and advantages of existing methods, including the disadvantages of the planned preventive maintenance system. Determining the optimal frequency of vehicle maintenance is important for the organization of maintenance and is an urgent task. It is concluded that for a modern vehicle, the most appropriate maintenance strategy is based on the actual technical condition, the most promising and effective at the present time.*

**Keywords:** maintenance, repair, reliability, strategies for maintenance and repair, car, technical operation.

**Введение.** Продолжительная и надежная работа транспортного средства возможна только при условии своевременного, полного и качественного выполнения технического обслуживания и ремонта.

Техническое обслуживание автотранспортных средств – это комплекс работ (операций), направленных на предупреждение отказов и неисправностей, обеспечение полной работоспособности автотранспортного средства (агрегата, узла, системы) в пределах эксплуатационных характеристик, установленных заводом-изготовителем [1, с.80]. Это позволяет поддерживать безотказность работы транспортного средства.

Система технического обслуживания представляет собой совокупность планируемых и систематически выполняемых воздействий по контролю, поддержанию и восстановлению исправного состояния автотранспортных средств, а также нормативно-технической документации и исполнителей, необходимых для обеспечения работоспособности автомобилей [1, с.76].

Основной задачей системы технического обслуживания и ремонта является управление техническим состоянием автотранспортных средств в течение всего срока службы, позволяющее обеспечить заданный уровень готовности их к использованию по назначению и работоспособность в процессе эксплуатации, а также минимальность затрат времени, труда и средств на выполнение работ ТО и ремонта [2, с.21].

Цель исследования заключается в проведении анализа современных стратегий технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств.

#### **Анализ стратегий технического обслуживания и текущего ремонта.**

Выделяют следующие стратегии: по наработке - предполагает выполнение технического обслуживания и ремонта к определенной периодичности обслуживания объекта с начала его эксплуатации или после капитального ремонта; по фактическому техническому состоянию предполагает проведения технического обслуживания и ремонта по результатам мониторинга и технической диагностики состояния.

В Российской Федерации принята планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта автомобилей, основные положения которой были сформулированы и закреплены в «Положении о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта».

Плановость системы ТО заключается в том, что техническое обслуживание выполняется в регламентном порядке через определенный интервал наработки транспортного средства.

В Положении приведены предусмотренные виды обслуживания и ремонта, даны нормативы интервалов обслуживания, трудоемкости на выполнение работ и т. д.

Периодичность и трудоемкость обслуживания устанавливаются изготовителем в инструкции (руководстве) по эксплуатации автотранспортных средств [3].

Предупредительность заключается в том, что определенные операции на ТО выполняют до возникновения отказа и направлены на продление безотказной работы транспортного средства. При техническом обслуживании выполняется проверка параметров технического состояния элементов транспортного средства и проводится восстановление при необходимости.

В планово-предупредительной системе ТО и ремонта предусмотрено корректирование типовых нормативов по статистически обоснованным факторам с использованием целого комплекса правил и коэффициентов корректирования. Важнейшие из этих правил и коэффициентов корректирования (например, устанавливающие природно-климатическое районирование условий эксплуатации) широко используются также и в фирменных системах ТО и ремонта по сервисным книжкам для эксплуатируемых у нас АТС зарубежных и российских конструкций [4, с.168].

Согласно «Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», корректирование нормативов ТО в планово-предупредительной системе предусмотрено с помощью коэффициентов корректирования, характеризующих условия эксплуатации:

- 1) категория условий эксплуатации — К1;
- 2) конструктивная схема и организация работы АТС — К2;
- 3) природно-климатические условия — К3;
- 4) пробег с начала эксплуатации — К4;
- 5) мощность инженерно-технической службы АТП и количество обслуживаемых ею технологически совместимых групп АТС — К5.

За эталонные условия эксплуатации приняты: I категория условий эксплуатации; базовые модели автомобилей; на автотранспортном предприятии выполняется техническое обслуживание и ремонт 200—300 ед. подвижного состава, составляющих три технологически совместимые группы; пробег с начала эксплуатации составляет 50—75% от пробега до капитального ремонта; подвижной состав работает в умеренном климатическом районе; оснащение АТП средствами механизации — согласно Табелю технологического оборудования [5, с.12].

Недостатком использования данных коэффициентов из данного положения является то, что их статистическое обоснование производилось на транспортных средствах актуальных на 1984 г. Техническое развитие конструкций транспортных средств, применяемых материалов при их производстве, а также состав и характеристики моторных масел все это время непрерывно развивались и изменялись. В связи с чем применение приведенных в таблицах значений указанных выше коэффициентов может быть не эффективно для современных транспортных средств.

Для автомобилей общего пользования планово-предупредительная система обслуживания носит обязательный характер. Автотранспортное предприятие несет ответственность за своевременность и полноту выполнения обслуживания, а также за своевременность проведения текущего ремонта [1, с.46].

Для транспортных средств, принадлежащих гражданам, не предусмотрена обязательность планово-предупредительного обслуживания в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации.

Большая часть производителей транспортных средств, например Hyundai, Kia, Lada, Nissan, регламентируют выполнение технического обслуживания в объеме и с периодичностью, указанной в руководстве по эксплуатации или в сервисной книжке (условия гарантии на новый автомобиль). Например, межсервисный интервал для модельного ряда Hyundai составляет 12 месяцев или 15 000 километров пробега (в зависимости от того, что наступит ранее). Для корректировки периодичности выполнения ТО и его объема в зависимости от условий эксплуатации некоторые производители вводят такие понятия, как нормальные условия эксплуатации и тяжелые. Для того, чтобы пользователь мог определить в каких условиях по данной системе эксплуатируется его автомобиль, производитель приводит перечень условий, являющихся критерием для признания наличия тяжелых условий эксплуатации. В зависимости от условий меняется объем и периодичность технического обслуживания.

Например, к тяжелым условиям эксплуатации компания Hyundai относит: «Неоднократные поездки на короткие дистанции менее 8 км при нормальной температуре или менее 16 км при температуре ниже нуля; длительная работа двигателя на холостом ходу или

движение с малой скоростью на большие расстояния; движение по неровной, запыленной, загрязненной дороге, дороге без покрытия или дороге, покрытой гравием или солью; эксплуатация автомобиля в районах с обильным применением соли или иных веществ, вызывающих коррозию, или при очень низкой температуре; движение в условиях попадания в двигатель песка или пыли; движение по загруженным дорогам; частое движение в гору, с горы или по горным дорогам; буксировка прицепа, использование жилого автоприцепа или багажника на крыше; эксплуатация автомобиля в качестве патрульной машины, такси, с иными коммерческими целями или для буксировки; движение со скоростью выше 140 км/ч; езда в условиях движения с частыми остановками» [6, с.440].

Недостатком деления условий эксплуатации на тяжелые и нормальные, является то, что при данном принципе не учитывается точное влияние факторов на транспортное средство, следовательно техническое обслуживание и замена технических жидкостей может быть выполнено преждевременно (ресурс технических жидкостей не будет исчерпан и т.п.), или же наоборот может быть выполнено позже требуемого (ресурс технологической жидкости будет исчерпан раньше и т.п.) из-за влияния фактора, который не был учтен в данном делении.

Другой способ определения периодичности выполнения технического обслуживания, который используют, например GM (Cadillac, Opel, Chevrolet), заключается в следующем.

Необходимость замены масла и остаточный его ресурс определяет программная функция МССММ (монитор жизни моторного масла). Данная функция исключительно программная, она не имеет физических датчиков качества масла. Данная функция по программному алгоритму учитывает холодные пуски ДВС, движение автомобиля на непрогретом ДВС, работу на холостом ходу, количество регенерации сажевого фильтра, пробег после предыдущей замены и др. [7]. По показаниям функции МССММ производится замена моторного масла и определенные работы по техническому обслуживанию, но, кроме этого, имеется и график дополнительного технического обслуживания других агрегатов автомобиля, который не зависит от количества замен моторного масла, например замена масла в АКПП, РК, редукторах определяется в зависимости от пробега или времени.

Недостаток данной системы заключается в том, что реальное состояние моторного масла не отслеживается. Т.е. если в систему смазки попадает топливо или антифриз, данная система ни как этого не обнаружит и не учтет в определении остаточного ресурса масла.

Производитель транспортных средств BMW, внедрил в конструкцию своих ДВС датчик измерения состояния моторного масла. В зависимости от его показаний, блок управления определяет требуется замена моторного масла или нет. Автомобиль сам сообщит водителю, что требуется выполнить техническое обслуживание.

Датчик состояния масла установлен в картер ДВС. Датчик состоит из двух цилиндрических конденсаторов. Наружная и внутренняя металлические трубки используются в качестве электродов, между которыми находится диэлектрик – масло. Принцип работы основывается на изменении в процессе старения диэлектрических свойств масла, что влияет на емкость конденсаторов. Датчик состояния масла определяет температуру масла в двигателе, уровень масла, качество масла. От датчика результаты измерения поступают в электронную систему управления двигателем [8].

Аналогичный по принципу действия использовала и компания Mercedes-Benz.

Компания Ford разработала датчик качества масла, интегрированный в масляный фильтр. Датчик состоит из диэлектрической подложки толщиной 5 мм с нанесёнными на неё полосками меди в виде зубцов и имеет форму круга. Эти зубцы образуют множество пар электродов. Электроды датчика, помещённые в масло, являющееся диэлектрическим

материалом, начинают работать как конденсатор при подаче на них переменного напряжения. При этом на втором электроде будут образовываться ток. Ток, образованный на электродах датчика, поступает на усилитель. В усилителе ток преобразуется в эквивалентное напряжение и поступает на контролирующее устройство, которое сравнивает поступившие значения с эталонными [9].

Описанные выше датчики производители используют для определения текущего состояния моторного масла в непрерывном режиме непосредственно на автомобиле, для более точного определения момента необходимости выполнения замены моторного масла и технического обслуживания. Главным недостатком данной системы определения необходимости технического обслуживания, является влияние посторонних веществ, попадающих в моторное масло (вода, антифриз, топливо), на достоверность измерений диэлектрических свойств масла, выполняемых датчиками.

Крупные автотранспортные предприятия, использующие большой парк транспортных средств, для определения периодичности выполнения технического обслуживания могут также применять такие методы определения периодичности ТО как:

- аналогий и уточнений. Применение нормативов ТО на основе автомобилей-прототипов (аналогов);

- по допустимому уровню безопасности. Метод рассчитан на такую рациональную периодичность, при которой вероятность отказа элемента не превышает заранее заданной величины, называемой риском;

- технико-экономический. Определяет суммарные удельные затраты на ТО и ремонт с последующей их минимизацией. Минимум затрат соответствует оптимальной периодичности ТО;

- экономико-вероятностный. Учитывает экономические и вероятностные факторы и позволяет сравнить различные стратегии ТО и Р;

- статистических испытаний. Основан на моделировании реальных случайных процессов ТО, что дает возможность исключить влияние побочных факторов, сократить стоимость экспериментов и ускорить испытания.

- по допустимому значению и закономерности изменения параметра технического состояния. Изменение определенного параметра технического состояния для каждого автомобиля происходит по-разному [10, с.65]. Но для группы автомобилей можно определить изменение этого параметра в среднем по определенной кривой, по которой, а также по допустимому значению параметра определяют среднюю наработку, тогда в среднем все автомобили из группы достигнут допустимого значения параметра технического состояния;

- визуально-диагностический. Периодичность ТО определяется на основе внешнего осмотра или диагностики (долив масла, моечные операции, крепежные операции и т.п.).

Для рационального расходования средств на обслуживание транспортных средств, многие предприятия обращаются к исследовательским лабораториям для проведения анализов состояния моторного масла с целью определения оптимального момента его замены (по фактическому состоянию) и контроля текущего технического состояния транспортных средств. Особенно это актуально для ДВС с большим запорочным объемом моторного масла. Производятся попытки внедрения методик и приборов экспресс-контроля состояния моторного масла. Но на данный момент практически полностью отсутствуют стандарты, предписывающие универсальные процедуры диагностического контроля моторного масла при эксплуатации транспортных средств.



**Заключение.** На основании проведенного анализа стратегий технического обслуживания и текущего ремонта можно заключить, что переход на стратегию обслуживания транспортного средства по фактическому техническому состоянию является наиболее перспективным направлением и позволит оптимизировать межсервисные интервалы, повысить безотказность работы узлов и агрегатов, увеличить эффективность технического обслуживания и ремонта, снизить затраты на эксплуатацию транспортного средства.

#### **Список источников**

1. Воробьев, И.В. Сервисная деятельность (автомобильный транспорт). Часть 1. Виды и формы организации услуг в автомобильном сервисе: учеб. пособие / И.В. Воробьев, Г.Ш. Муравкина. – М.: МАДИ, 2019. – 176 с.
3. Современные системы технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей / Н. А. Ляпин, С. А. Ширяев, А. П. Федин, М. В. Полуэктов; под ред. Н. А. Ляпина; ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – 188 с. – ISBN 978-5-9948-2369-9. – EDN VHUWUE.
4. Положение о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, принадлежащих гражданам (легковые и грузовые автомобили, автобусы, мини-трактора). РД 37.009.026-92 (утв. Приказом Минпрома РФ от 01.11.1992 N 43) (с изм. от 21.10.2021). Документ утратил силу, см. «Решение Верховного Суда РФ от 21.10.2021 N АКПИ21-606».
5. Мороз, С.М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств: учебник / С.М. Мороз. – М.: МАДИ, 2015. – 204 с. – ISBN 978-5-7962-0156-5. – EDN SNPZCL.
6. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Р 3112199-0240-84. М.: Транспорт.– 1986. – 72 с.
7. Руководство по эксплуатации. Hyundai Creta. Hyundai Motor Company; 2018 – 544 с.
8. СВ 2013-09-20-3 от 20 сентября 2013 года. Тема: Работа функции MCCMM (комментарии к алгоритмам и практике использования). General Motors CIS/DAT CIS.
9. Хайдарьянов, Р. Р. Методы контроля качества работавшего моторного масла / Р. Р. Хайдарьянов // . – 2021. – Т. 3, № 5-1(38). – С. 167-172. – EDN VSQWSH.
10. Датчик качества масла URL: <https://avtoelektron.ru/diagnostika-dvigatelya/datchiki/datchik-kontrolya-kachestva-masla-ford> (дата обращения: 22.02.23).
11. Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 131000 "Нефтегазовое дело" / Н. С. Захаров, А. И. Яговкин, С. А. Асеев [и др.] ; Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Тюмень : Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2011. – 507 с. – ISBN 978-5-9961-0455-0. – EDN QMZGYL.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМОЙ COMMON RAIL

Антон Федорович Курносов<sup>1</sup>, Юрий Александрович Гуськов<sup>2</sup>, Николай Николаевич Григорьев<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Российская Федерация

<sup>1</sup>anton\_kurnosov@mail.ru

<sup>2</sup>nsauui@ngs.ru

<sup>3</sup>nikolay-grigorev-83@mail.ru

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследований, направленные на совершенствование методики компьютерного диагностирования дизельных двигателей с топливной системой Common Rail. По результатам теоретических исследований сформирована база нормативных значений и зависимости изменения выходных параметров основных диагностических датчиков от параметров действующей среды. Установлено, что выходное напряжение диагностических датчиков изменяется по прямой зависимости во всем диапазоне изменения параметров, сопротивление чувствительных элементов датчиков изменяется нелинейно, причем взаимосвязь усиливается по мере снижения температуры действующей среды. На основе полученных данных предложено направление совершенствования методики диагностирования двигателей внутреннего сгорания с топливной системой Common Rail, включающее в себя вывод двигателя в режим работы свободного разгона-выбега, чтение кодов ошибок, расшифровку кодов ошибок, отличающееся тем, что установление кодов неисправности с последующим устранением причин отказа осуществляется с учетом полученных параметров выходных сигналов диагностических датчиков. Разработанная методика повысит оперативность диагностирования и снизит вероятность пропуска неисправностей за счет учета текущего технического состояния датчиков.*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, система Common Rail, диагностирование, свободный разгон-выбег

## IMPROVING THE METHODOLOGY FOR DIAGNOSING A DIESEL ENGINE WITH A COMMON RAIL FUEL SYSTEM

Anton F. Kurnosov<sup>1</sup>, Yuri A. Guskov<sup>2</sup>, Nikolay N. Grigoriev<sup>3</sup>

Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>1</sup>anton\_kurnosov@mail.ru

<sup>2</sup>nsauui@ngs.ru

<sup>3</sup>nikolay-grigorev-83@mail.ru

***Abstract.** The article presents the results of research aimed at improving the methodology of computer diagnostics of diesel engines with a Common Rail fuel system. Based on the results of theoretical studies, a base of normative values and the dependence of changes in the output parameters of the main diagnostic sensors on the parameters of the operating environment has been formed. It is established that the output voltage of diagnostic sensors varies in direct dependence over the entire range of parameter changes, the resistance of sensor sensing elements varies non-linearly, and the relationship increases as the temperature of the operating medium decreases. Based on the data obtained, a direction for improving the methodology for diagnosing internal combustion engines with a Common Rail fuel system is proposed, which includes putting the engine into free*

*acceleration-run mode, reading error codes, decoding error codes, characterized in that the establishment of fault codes with subsequent elimination of the causes of failure is carried out taking into account the received parameters of the output signals of diagnostic sensors. The developed technique will increase the efficiency of diagnosis and reduce the likelihood of missing malfunctions by taking into account the current technical condition of the sensors.*

**Keywords:** internal combustion engine, Common Rail system, diagnostics, free acceleration-run-out

**Введение.** Эффективное использование транспортно-технологических машин сельскохозяйственного назначения невозможно без проведения своевременного диагностирования. Появление современных образцов высокопроизводительной сельскохозяйственной техники требует организации эффективной ее эксплуатации с учетом особенностей организационной структуры предприятий [1]. Функционал современных систем дистанционного управления сельскохозяйственными машинами позволяет оперативно управлять производственными процессами предприятия, а также оценивать степень работоспособности конкретной машины и парка техники в целом [2].

Наибольшее влияние на эффективность эксплуатации транспортно-технологических машин оказывает двигатель внутреннего сгорания. От степени совершенства протекающих газодинамических процессов в цилиндрах двигателя зависит производительность машинно-тракторного агрегата, его экономичность и надежность. В настоящее время эффективную работу дизельных двигателей возможно обеспечить только путем цифрового управления подачей топлива и контроля эффективности его сгорания. Быстродействие протекающих в цилиндрах процессов требует от электронных систем управления высокой частоты дискретизации и способности оперативной обработки массивов данных.

Совершенствование встроенных систем диагностирования и управления двигателем за счет появления новых конструкций датчиков и контроллеров обеспечивает повышение точности дозирования подачей топлива, в тоже время существенно увеличивает объем информации, которую необходимо оперативно обработать и оценить [3]. Усложнение конструкции встроенных систем контроля и диагностирования двигателей повышает требования к уровню подготовки специалистов инженерно-технической службы, в том числе, диагностов.

Эффективное использование современных двигателей возможно только при высоком уровне их надежности, так как окупаемость сложных систем возможно достичь только при интенсивной их эксплуатации. Интенсивность использования сельскохозяйственных машин существенно возрастает в период сезона полевых работ, поэтому своевременное обнаружение неисправностей, а также оперативное устранение отказов машин обеспечит надежность проведения технологических процессов сельскохозяйственного производства.

Основным источником диагностической информации современных двигателей является встроенная система диагностирования. Получение информации оператором от встроенной системы диагностирования возможно через щиток приборов или путем непосредственного чтения и визуализации диагностической информации посредством внешних диагностических средств. Щитки приборов современных сельскохозяйственных машин существенно повысили объем получаемой оператором диагностической информации, однако усложнение конструкции двигателей повышает объем исходных данных и вероятность возникновения ошибок при постановке диагноза существенно увеличивается. К тому же проведение углубленной диагностики на основе информации щитка приборов невозможно, а

использование внешних средств диагностирования при каждом техническом обслуживании в соответствии с рекомендациями заводов-изготовителей позволяет получить лишь общую оценку технического состояния двигателей, оценка эффективности их работы на указанных тестовых режимах обладает низкой достоверностью. Электронный блок управления (ЭБУ) определяет неисправности диагностических элементов или несоответствие измеренных параметров нормативным значениям. Параметры газодинамических процессов электронным блоком не регистрируются даже по косвенным признакам и при диагностировании ЭБУ может не определить или идентифицировать неисправность как «неизвестная ошибка». В этом случае время поиска неисправности напрямую зависит от уровня компетенции мастера-диагноста. Действия мастера-диагноста основаны на нормативных данных, включающих зависимости изменений параметров диагностических датчиков. Нормативные данные зачастую не содержатся в руководстве по эксплуатации, либо содержатся в виде, сложном для идентификации при выполнении диагностирования.

В связи с низким уровнем кадровой обеспеченности сельскохозяйственных предприятий, в частности в области компьютерного диагностирования современных двигателей внутреннего сгорания, становится актуальным и практически значимым совершенствование методики диагностирования двигателей с топливной системой Common Rail на основе разработки теоретических зависимостей изменения параметров диагностических датчиков.

Проведение диагностирования объекта должно сопровождаться определенными режимами его работы, при которых параметры технического состояния принимают значения, лучшим образом подходящие для регистрации и последующего анализа. Такие режимы работы называются тестовыми [4]. При оценке разных диагностических параметров необходимо устанавливать разные тестовые режимы. Основным преимуществом тестового режима работы является возможность задать необходимые условия работы двигателя для оценки каждого параметра.

Множество тестовых режимов работы двигателя внутреннего сгорания не позволяют оперативно принять решение о выборе подходящего в конкретный момент. В тоже время, наиболее простым и оперативным, позволяющим обеспечить информативность диагностических сигналов, является режим работы двигателя свободный разгон-выбег. Высокая степень применения данного режима работы подтверждается множеством работ в области определения топливно-экономических показателей двигателей ряда авторов: Лившица В.М. [5], Змановского В.А. [6], Воронина Д.М. [7], Долгушина А.А. [8] и др. В настоящее время данный режим работы используется только при определении эффективности работы цилиндров бензиновых двигателей, но простота его реализации и возможность измерения диагностических параметров во всем диапазоне частоты вращения коленчатого вала двигателей с топливными системами Common Rail делают его наиболее подходящим.

Большой объем получаемой диагностической информации приводит к тому, что поиск нормативных значений тех или иных параметров существенно усложняется. В связи с чем в современных алгоритмах диагностирования широкое распространение получил метод сопоставления диагностических параметров цилиндров двигателя. Данный метод позволяет оперативно сравнить получаемые данные для разных цилиндров и не проводить сложную статистическую обработку данных. Предложенный метод сопоставления диагностических параметров предложил И.П. Терских [9] и существенно разработал А.С. Гребенников [10], доказав возможность использования данного метода при диагностировании современных двигателей внутреннего сгорания.

Применение режима работы двигателя свободный разгон-выбег и метода сопоставления данных позволят получить новые диагностические знания, способствующие повышению оперативности диагностирования, однако важной задачей является достоверная оценка работоспособности средств получения первичной диагностической информации, т.е. диагностических датчиков.

**Условия и методы исследования.** В сельском хозяйстве наибольшее распространение из современных двигателей с топливной системой Common Rail получили двигатели ЯМЗ-534, применяемые на грузовых автомобилях, в том числе автомобилях сельскохозяйственного назначения и двигатели ЯМЗ-536, применяемые на тракторах Кировец К-5. Учитывая наибольшую значимость высокофорсированных двигателей в целях повышения интенсивности возделывания сельскохозяйственных культур, в настоящей работе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, полученные для двигателя ЯМЗ-536.

Предложенная заводом изготовителем методика оценки технического состояния диагностических датчиков [11] предусматривает чтение кодов их неисправностей (рис. 1), по анализу которых однозначно невозможно установить причину отказа. Как видно из рисунка, после расшифровки кодов ошибок необходимо либо устранить неисправность на основе полученных данных, либо использовать дополнительные диагностические средства для получения диагностической информации, на основании которой проводится устранение неисправностей. Но в указанной методике отсутствует необходимость проверки работоспособности самих диагностических датчиков.

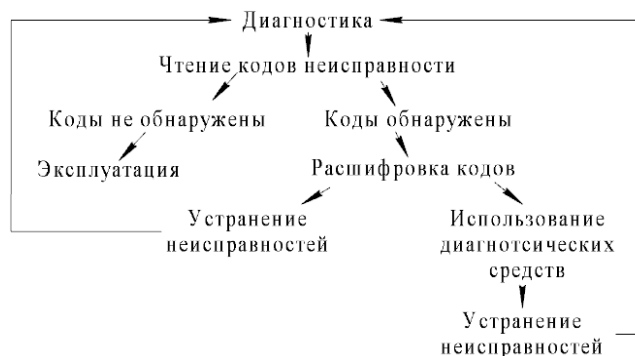


Рисунок 1 - Методика диагностирования двигателей ЯМЗ с топливной системой Common Rail

Таким образом, система диагностирования двигателей семейства ЯМЗ предусматривает использование диагностических средств, но не предусматривает непосредственное измерение выходных параметров датчиков. Методикой исследований предусмотрен расчет выходных параметров датчиков на основе предложенных формул [11]. Результаты интерпретированы в графической форме, а также в табличном варианте для использования непосредственно на диагностическом посту.

**Результаты и обсуждения.** На двигателях семейства ЯМЗ установлены семь основных датчиков. В технической литературе существуют только общие формулы для расчета нормативных параметров датчиков, но в условиях проведения диагностирования отсутствует возможность проводить расчеты.

Результаты расчетов представлены на рис. 2 – рис. 5.

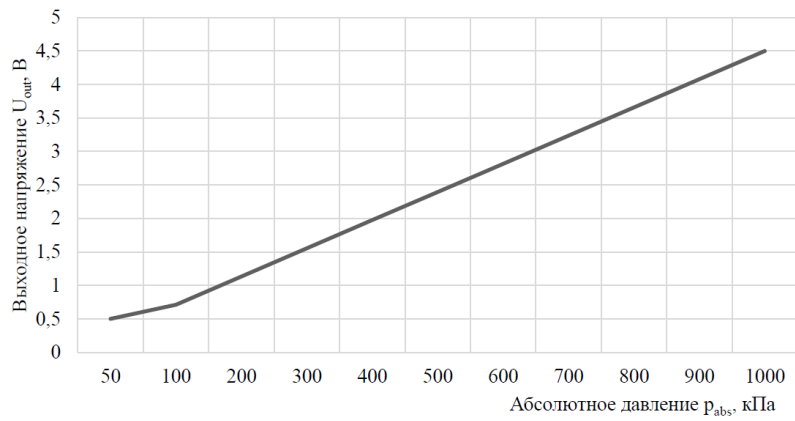


Рисунок 2 - Изменение выходного напряжения датчика давления и температуры масла от действующего давления среды при напряжении питания 5,0 В

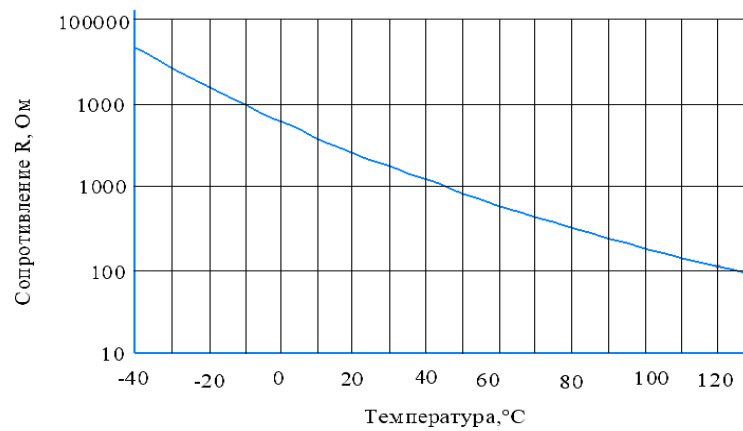


Рисунок 3 - Зависимость изменения сопротивления датчика температуры и давления масла от температуры

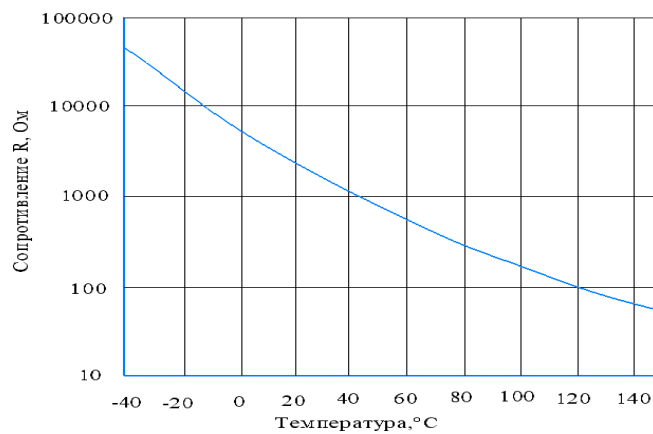


Рисунок 4 - Зависимость изменения сопротивления датчика температуры охлаждающей жидкости от температуры

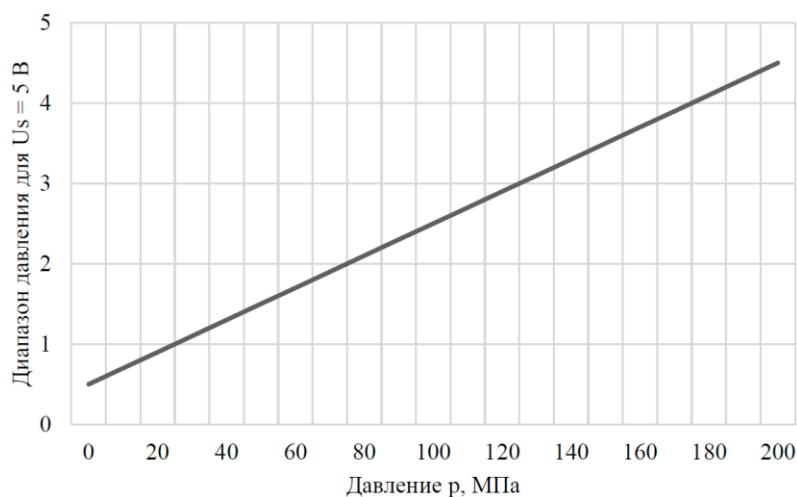


Рисунок 5 - Зависимость выходного напряжения датчика давления топлива от действующего давления топлива при напряжении питания 5 В

Анализ данных графиков, представленных на рис. 2 – рис. 5 показывает, что сигнальное напряжение датчиков прямо пропорционально зависит от величины давления среды, причем максимальное сигнальное напряжение датчика не превышает значения 4,5 В.

Сопротивление датчиков описывается квадратичной зависимостью и снижается по мере увеличения действующей температуры.

Полученные зависимости позволяют определить общее техническое состояние датчиков, однако также не позволят точно определить нормативное значение выходных параметров датчиков. Поэтому дополнительно был проведен расчет сигнальных значений датчиков для условий диагностирования, составлены специальные таблицы с указанием нормативных значений и допустимой величиной отклонения значений.



Рисунок 6 - Предложенная методика диагностирования двигателей

На основе полученных нормативных данных предложена методика диагностирования двигателей внутреннего сгорания, включающая в себя вывод двигателя в тестовый режим работы, чтение кодов неисправности и расшифровку кодов ошибок, отличающаяся тем, что установление кодов неисправности с последующим устранением причин отказа осуществляется на основе полученных параметров электрической цепи в режиме работы двигателя свободный разгон-выбег. В случае, если коды ошибок отсутствуют, двигатель направляется в эксплуатацию.

**Выводы.** Диагностирование современных двигателей с топливной системой Common Rail сопряжено с анализом большого количества данных, поступающих от датчиков. Необходимость оценки работоспособности датчиков в руководстве по эксплуатации машин не установлена. Поиск неисправностей двигателей должен содержать этап чтения и расшифровку



кодов неисправностей, этап получения и анализа параметров выходных сигналов диагностических датчиков и сопоставления полученных данных с нормативными, на основе которых устанавливается диагноз.

#### Список источников

1. Кокиева, Г. Е. Исследование рационального использования высокопроизводительной сельскохозяйственной техники / Г. Е. Кокиева // Ларионовские чтения-2023 : Сборник научно-исследовательских работ по итогам научно-практической конференции: в 2-х частях, Якутск, 17 февраля 2023 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2023. – С. 181-196. – EDN DBFWGB.
2. Кокиева, Г. Е. Исследование дистанционного управления спецтехники / Г. Е. Кокиева // Научное и техническое обеспечение АПК, состояние и перспективы развития: Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Омский ГАУ, Омск, 27 апреля 2023 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. – С. 152-164. – EDN UPNTYU.
3. Кривцов С. Н. Методологические основы диагностики автомобилей с дизельными двигателями, оснащенными Аккумуляторными топливоподающими системами: дис. докт. Техн. наук / С.Н. Кривцов. – Иркутск, 2017. – 441 с.
4. Плаксин А.М. Диагностирование системы впуска автомобильных двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования / А. М. Плаксин, А. В. Гриценко, Ф. Н. Граков // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – С. 1053-1057.
5. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей. Ч.1: Принципы построения диагностических моделей переходных. Метод. рекомендации / Разраб. И.П. Добролюбов, В.М. Лившиц. – ВАСХНИЛ, Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1981. – 88 с.
6. Змановский В.А. Метод оценки мощности двигателя при работе трактора. // Тракторы и сельхозмашины. – 1970. – №3. – С. 25-27.
7. Пат. 2219510 С2 (Российская Федерация). Способ испытания дизельных двигателей / Д. М. Воронин, А. А. Долгушин, А. А. Монозон и др.; № 2001133954/06; заявл. 13.12.2001; опубл. 20.12.2003; Бюл. № 34.
8. Долгушин, А. А. Результаты экспериментальных исследований по контролю технического состояния регулятора дизельных двигателей / А. А. Долгушин, Д. М. Воронин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2006. – № 2(5). – С. 63-66. – EDN JXTDKP.
9. Терских И.П. Методы и средства диагностирования цилиндропоршневой группы дизельного двигателя: Учеб. пособие / И. П. Терских, В. Г. Ряков – Иркутск, ИСХИ, 1981. – 250 с.
10. Гребенников А.С. Диагностирование автотракторных двигателей по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала (способы, средства, технологии). Дисс. докт. техн. наук. – Саратов, 2002. – 292 с.
11. Инструкция по диагностике двигателей ЯМЗ-5340, ЯМЗ-536, их модификаций и комплектаций экологических классов 4 и 5 5340.3902250. – [Электронный ресурс]: сайт – Режим доступа: <https://www.ymzmotor.ru/catalog/techinfo/documentation/instructions/>

## НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ В АГРОИНЖЕНЕРИИ

Ольга Гениановна Зимина<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Бурятская имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup>oid67@mail.ru

***Аннотация.** Развитие сельского хозяйства тесно связано с научно-техническим потенциалом. Создание и применение машин в сельском хозяйстве является технической основой комплексной механизации. Успешное развитие сельского хозяйства зависит не только от правильного использования уже применяющихся машин, но и создания новых, более совершенных и высокопроизводительных. В современных условиях основной задачей повышения производительности труда, обеспечения населения продовольствием является цифровизация всех сфер деятельности в сельском хозяйстве. Производство сельскохозяйственной продукции должно быть обеспечено непрерывным потоком включающее в себя все сферы производства в том числе переработку, хранение и реализацию, и это достигается применением новых технологий. Применение новых типов машин и механизмов, связанных с информационными технологиями способствуют облегчению физического и умственного труда человека.*

**Ключевые слова:** наука, технологии, производство, сельское хозяйство, цифровизация.

## DIRECTIONS OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL DEVELOPMENT IN AGROENGINEERING

Olga G. Zimina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippova, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup>oid67@mail.ru

***Abstract.** The development of agriculture is closely linked with scientific and technical potential. The creation and application of machines in agriculture is the technical basis of complex mechanization. The successful development of agriculture depends not only on the correct use of existing machines, but also on the creation of new, more advanced and high-performance ones. In modern conditions, the main task of increasing labor productivity and providing the population with food is the digitalization of all spheres of activity in agriculture. The production of agricultural products should be provided with a continuous flow that includes all areas of production, including processing, storage and sale, and this is achieved by using digital technologies. The creation of new types of machines and mechanisms related to information technologies contribute to the facilitation of physical and mental labor of a person.*

**Keywords:** science, technology, manufacturing, agriculture, digitalization

**Введение.** Научно-техническое развитие сельского хозяйства связано с модернизацией научного потенциала аграрных вузов страны. Научный потенциал аграрных вузов способствует развитию сельского хозяйства и подъему его на более высокий уровень. Важной задачей является обеспечение населения страны продовольствием и продовольственной безопасности. Основной задачей при производстве растениеводческой продукции является высокий урожай, в дальнейшем переработка и хранение. Фундаментальные и прикладные исследования должны быть направлены на их внедрение. Тематики НИР тесно взаимосвязаны с сельскохозяйственным производством. Направлениями развития агроинженерии являются

исследования по ресурсосбережению в растениеводстве. Научно-технические разработки должны быть конкурентно способными. Ресурсосберегающие технологии направлены на сохранение плодородного слоя почвы, защите от ветровой и водной эрозии. Важнейшей задачей так же является недопущение опустынивания земельных ресурсов. Создание площадок научно-исследовательской работы непосредственно на производстве способствует повышению эффективности сельского хозяйства. На сегодняшний день существуют научные разработки, которые не востребованы и они теряют свою актуальность. Непосредственное взаимодействие науки и производства способствовали бы их внедрению. Задачей научных исследований по механизации обработки почвы – разработка почвозащитных технологий и комплексов, безопасных для экологии блочно-модульных машин и комбинированных агрегатов. Блочно-модульные машины и агрегаты должны иметь высокий технологический уровень, для основной минимальной почвозащитной обработки и совмещения операций при возделывании зерновых культур в условиях почв подверженных ветровой эрозии, засухе или переувлажнении.

**Условия и методы исследования.** Совершенствование посевной техники осуществляется в повышении равномерности дозирования и распределения семян по площади и глубине заделки, создания уплотненного ложа, разделения почвенной прослойкой вносимых минеральных удобрений от семенного рядка. Это условие можно соблюсти применением конструкций сеялок нового поколения блочно-модульного типа высокого технологического уровня со сменными блоками рабочих органов для посева сельскохозяйственных культур в почвенных условиях Забайкалья (рис.1).



Рисунок 1 - Культиватор блочно-модульный полуприцепной КБМ-10,8П.

Улучшение производственных процессов в растениеводстве невозможно без внедрения и применения агроинформатики. Многие полевые работы могут выполняться с применением электроники, автоматизированных и роботизированных систем. С помощью электроники происходит контроль работы узлов и систем машины и всего машинно-тракторного агрегата. Актуальным вопросом является внедрение новых разработок и технологий обслуживания и ремонта техники и сельскохозяйственного оборудования. В конструкциях современных сельскохозяйственных машин предусматривается высокая расчленяемость и блочность, снижение трудоемкости технического обслуживания [1, 2]



Рисунок 2 – Обслуживание тракторов Джон Дир

В машинах обеспечивается беспрепятственный доступ ко всем точкам ежедневного техобслуживания. Интервалы регулярного техобслуживания увеличиваются для экономии времени и снижения эксплуатационных затрат (рис.2). Современные тракторы оснащены бортовыми компьютерами, с помощью которых машинист может отслеживать цикл работы (рис.3). Внедрение и использование спутниковой навигации дает возможность управления отдельной машиной или системой машин. Их применение позволяет получать информацию о параметрах плодородия почвы и состоянии посевов, необходимую для принятия решений при дифференцированном внесении удобрений. [5]



Рисунок 3 – Агронавигация трактора

Во второй половине 20 века основным направлением в животноводстве являлось механизация процессов кормления и доения животных. В современных условиях происходит трансформация переход в цифровизацию сельского хозяйства. В частности проект «умная ферма» включает в себя полностью автономный объект, который роботизирован и его назначение это содержание животных в благоприятных условиях, данная ферма может быть молочного или мясного направления (рис.4). Применение энергосберегающих технологий при заготовке, хранении, приготовлении кормов.





Рисунок 4 - Автоматизация и цифровизация процесса доения

Использование вторичного тепла технологических операций – подогрев воды, сушка навоза, обогрев помещений. Внедрение энергосберегающих технологий при первичной обработке животноводческой продукции [3, 4, 5, 6].

Приоритетным направлением так же является применение проекта «умная теплица». Оснащение теплиц датчиками позволяют регулировать микроклимат. Автоматизация процессов работы в теплице способствует облегчению труда персонала, повышению производительности труда. В конечном счете позволяет повысить урожайность производимых овощей и в дальнейшем способствует реализации данной продукции [8, 9, 10].



Рисунок 5 - «Умная теплица»

**Выводы.** Разработка современных научно обоснованных отечественных технологий с учетом зональной системы земледелия, экологии, экономической составляющей существенно влияет на успешное развитие сельского хозяйства.

### Список источников

1. Гуреев, И.И. Региональный регистр комплексов машин для механизации перспективных агротехнологий [текст] / И.И. Гуреев, В.П. Дьяков, Г.К. Гребенщиков, С. Дурдыев. - Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России.-2015.-61 с
1. 2.Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур [текст] / Гостев А.В., Пыхтин И.Г., Нитченко Л.Б., Плотников В.А., Гапонова Н.П. – Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. – 87 с.
2. 3.Агробаза [электронный ресурс]. – Режим доступа <https://www.agrobase.ru/news/selxozmashinostroenie/posevnoj-kompleks-rostselmash-ml-930-ac-31> (10.05.2023)
3. 4.Современные проблемы науки и производства в агроинженерии: Учебник / Под ред. А. И. Завражнова. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 496 с.: ил
4. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. № 996.
5. Изучение объекта исследования при планировании эксперимента / Д. Н. Раднаев, Д. Ц. Б. Бадмацыренов, О. Г. Зими́на, В. М. Антонов // Инженерное обеспечение и технический сервис в АПК : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию доктора технических наук, профессора Сергеева Ю. А., Улан-Удэ, 21–22 июня 2019 года / Д. Б. Лабаров (ред.) Ю. А. Сергеев (ред.) Д. Н. Раднаев (ред.) Н. Т. Татаров (ред.). – Улан-Удэ: Издательство БГСХА имени В. Р. Филиппова, 2019. – С. 71-77. – EDN SQILAV.
6. Раднаев Д.Н. Значение априорной информации при планировании эксперимента / Д. Н. Раднаев, О. Г. Зими́на, Д. Ц. Б. Бадмацыренов // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 53-3. – С. 67-71. – DOI 10.18411/lj-08-2019-68. – EDN VKRKVE.
7. Усубалиев, К. Б. Современные агротехнологические решения для обработки сельскохозяйственных угодий / К. Б. Усубалиев // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 558-561. – EDN CUCIZI.
8. Гавва, Е. С. Цифровая трансформация сельского хозяйства / Е. С. Гавва, К. Д. Демина // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 679-681. – EDN SZSSDU.
9. Ерсак, М. В. Инновационные технологии в области питания растений / М. В. Ерсак // Вавиловские чтения - 2022 : Сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова, Саратов, 22–25 ноября 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 494-498. – EDN GGRGDM.

## ESTABLISHING THE CONNECTION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS WITH INDICATORS OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE ENGINE AND THE PATTERNS OF THEIR CHANGE

**Evgenia Valeryevna Eltoshkina<sup>1</sup>, Peter Ivanovich Ilyin<sup>2</sup>, Galtmaa Nymcaran<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Irkutsk State Agrarian University A.A. Ezhevsky, 1, pos. Youth, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia,

<sup>2</sup> Mongolian State University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

<sup>1</sup>EEV\_Baikal2005@mail.ru

**Abstract.** Experimentally, the most informative, in terms of sensitivity and stability of diagnostic signs, diagnostic modes were obtained. The method and technology of differential diagnosis of the carburetor engine have been developed and tested in production conditions. The article provides an analysis of the data obtained.

In accordance with the developed theoretical prerequisites and methods, a complex of laboratory and operational tests was carried out:

- identification of the effect of valve misalignments and decompression in the checked engine cylinders at the time of resistance to cranking and compression resistance;

- study of the parameters of the technical condition affecting the moment of the resistance of the cranked shaft and the compression resistance of the tested cylinders.

According to the developed diagnostic methodology, experimental dependences of the change in the torque of the rolling resistance and the compression resistance of the internal combustion engine were obtained. To analyze changes in the parameters of the technical condition of the internal combustion engine in laboratory conditions, a new engine (without mileage) was used, the characteristics of which were taken as normal. After constructing a calibration graph and selecting the most informative speed of torsion of the crankshaft of an internal combustion engine with a diagnostic unit, we made sure that the accuracy of measuring the moment of resistance to scrolling and compression resistance by a strain gauge bridge was accurate.

**Keywords:** experiment, diagnostics, analysis, engine, technical condition, parameter

## УСТАНОВЛЕНИЕ СВЯЗИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

**Евгения Валерьевна Елтошкина<sup>1</sup>, Петр Иванович Ильин<sup>2</sup>, Галтмаа Нимсаран<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутск, Россия,

<sup>3</sup>Монгольский государственный университет науки и технологий, Улан-Батор, Монголия

<sup>1</sup>EEV\_Baikal2005@mail.ru

**Аннотация.** Экспериментальным путем получены наиболее информативные по чувствительности и стабильности диагностических признаков режимы диагностики. Разработаны и апробированы в производственных условиях метод и технология дифференциальной диагностики карбюраторного двигателя. В статье представлен анализ полученных данных.

В соответствии с разработанными теоретическими предпосылками и методами был проведен комплекс лабораторных и эксплуатационных испытаний:

- выявление влияния перекосов клапанов и декомпрессии в проверяемых цилиндрах двигателя на время сопротивления проворачиванию и сопротивлению сжатию;



- исследование параметров технического состояния, влияющих на момент сопротивления коленчатого вала и сопротивление сжатию испытываемых цилиндров.

По разработанной методике диагностики получены экспериментальные зависимости изменения момента сопротивления качению и сопротивления сжатию двигателя внутреннего сгорания. Для анализа изменения параметров технического состояния двигателя внутреннего сгорания в лабораторных условиях использовался новый двигатель (без пробега), характеристики которого принимались за нормальные. Построив тарировочный график и выбрав наиболее информативную скорость кручения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания с помощью диагностического блока, мы убедились в точности измерения момента сопротивления прокрутке и сопротивления сжатию тензометрическим мостом.

**Ключевые слова:** эксперимент, диагностика, анализ, двигатель, техническое состояние, параметр.

**Introduction.** Experimentally, the most informative, in terms of sensitivity and stability of diagnostic signs, diagnostic modes were obtained. The method and technology of differential diagnosis of the carburetor engine have been developed and tested in production conditions. The article provides an analysis of the data obtained.

In accordance with the developed theoretical prerequisites and methods, a complex of laboratory and operational tests was carried out:

- identification of the effect of valve misalignments and decompression in the checked engine cylinders at the time of resistance to cranking and compression resistance;

- study of the parameters of the technical condition affecting the moment of the resistance of the cranked shaft and the compression resistance of the tested cylinders.

Conditions and methods. According to the developed methodology, experimental dependences of the change in the torque of the rolling resistance and compression resistance of the internal combustion engine were obtained. To analyze changes in the parameters of the technical condition of the internal combustion engine in laboratory conditions, a new engine (without mileage) was used, the characteristics of which were taken as normal. After constructing a calibration graph and selecting the most informative speed of scrolling of the crankshaft of an internal combustion engine with a diagnostic unit, we made sure that the accuracy of measuring the moment of resistance to scrolling and compression resistance by a strain gauge bridge. After that, the characteristic was removed from the working engine and the dependence shown in Figure 1 was obtained.

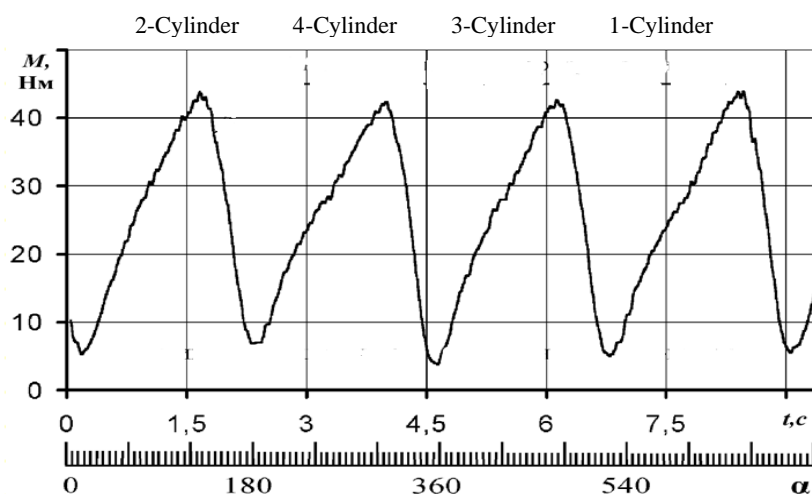


Figure 1 – Dependence of the torque of the crankshaft of a serviceable engine

Figure 1 shows that the value of the maximum torque of the crankshaft rolling resistance varies across the cylinders in accordance with their order of operation and copies the compression cycles. For a serviceable engine, the maximum moments of resistance to scrolling through the cylinders are approximately the same and equal to  $M_{np} = 42 \dots 44$  Hm. Such a character of the change in the moment of resistance to scrolling confirms the hypothesis that it can be accepted as a diagnostic parameter for assessing the technical condition of individual cylinders.

In accordance with the method of selecting the most informative mode of engine diagnostics, we have obtained and analyzed several options for changing the moment of resistance when the engine crankshaft is rotated with different rotation frequency [ 1, 3, 4] .

The optimal diagnostic mode should be carried out with such a rotation frequency to minimize the influence of friction and inertia forces, rotating and translationally moving parts of internal combustion engine mechanisms, at the moment of compression resistance.

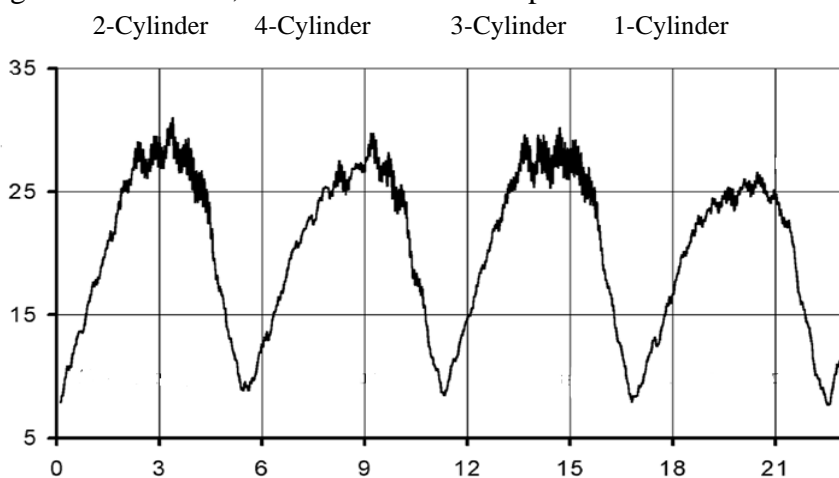


Figure 2 – Dynamics of the change in the moment of resistance when the crankshaft is rotated with a frequency of  $6 \text{ min}^{-1}$

Initially, the rotation speed of the drive shaft of the diagnostic unit was chosen –  $4 \text{ min}^{-1}$ . The obtained dynamics of the change in the moment of resistance to scrolling is shown in Figure 2 and was used by us in the theoretical justification of the optimal speed mode of diagnosis.

Increasing the rotation speed to  $6 \text{ min}^{-1}$  made it possible to somewhat reduce the influence of friction forces in the fourth and first cylinders. However, in the second and third cylinders, it decreased slightly.

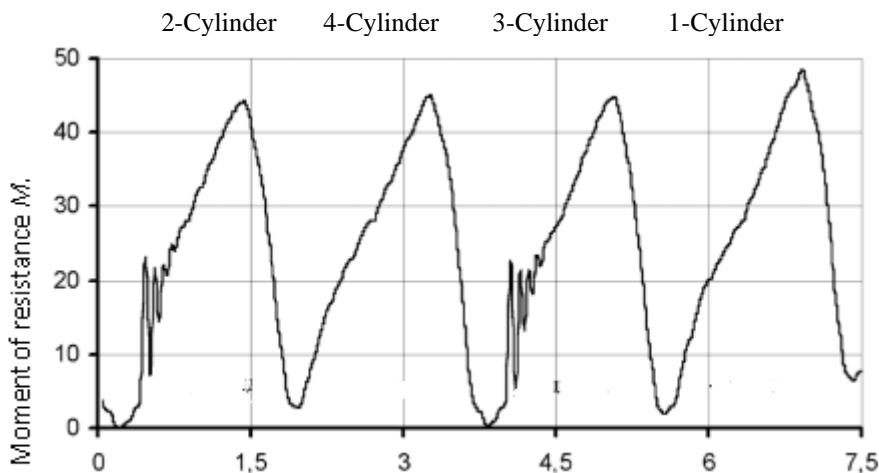


Figure 3 – Dynamics of the change in the moment of resistance when the crankshaft is rotated with a frequency of  $11-16 \text{ min}^{-1}$

With an increase in the rotation speed of the drive shaft of the diagnostic unit from 11 to 16 min<sup>-1</sup> (Figure 3), the influence of inertia forces of rotating and progressively moving parts of internal combustion engine mechanisms begins and increases. The connecting shaft of the installation exits (pushes out) from engagement with the motor shaft.

Approximating functions of oscillations of the moment of resistances have the form [5]:

$$\left. \begin{aligned} M_{cc1} &= 0,05n_{np}^2 - 0,62n_{np} + 2,78 \\ M_{cc2} &= 16,29n_{np}^{-1} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

Let's make a summary function:

$$M_{cc} = M_{cc1} + M_{cc2},$$

$$M_{cc} = 0,05n_{np}^2 - 0,62n_{np} + 2,78 + 16,29n_{np}^{-1}.$$

Let's find the  $M'_{cc}$  and determine its extremum:

$$M'_{cc} = 0,1n_{np} - 0,62 - \frac{16,29}{n_{np}^2} = \frac{0,1n_{np}^3 - 0,62n_{np}^2 - 16,29}{n_{np}^2}$$

Let's separate the roots, denote:

$$f(n_{np}) = 0,1n_{np}^3 - 0,62n_{np}^2 - 16,29.$$

We find the derivative  $f'(n_{np})$ :

$$f'(n) = 0,3n_{np}^2 - 1,24n_{np}.$$

Let's define the critical points from the condition  $f'(n_{np}) = 0$ :  $n_{np1} = 0, n_{np2} = 4,13 \approx 4$

Let's make a table of 2 signs of the function  $f(n_{np})$ :

Table 1. Changing the signs of the desired function

$n_{np}$	0	4	14
$Sign f(n_{np})$	-	-	+

Since there is one change of the sign of the function, the equation has one real root belonging to the interval (4; 14). Narrow the resulting interval.

Consider the interval (7; 9) and break it at the point  $n_{np} = 8$ . Check the sign of the function at this point:

$$f(8) = 0,1 \cdot 8^3 - 0,62 \cdot 8^2 - 16,29 = 51,2 - 39,68 - 16,29 = -4,77 < 0. \quad (2)$$

The desired root lies in the interval (8; 9). The approximate value should be taken as:

$$n_{np} = \frac{8+9}{2} = 8,5,$$

$$\frac{9-8}{2^5} = 0,031$$

and the error does not exceed  $\frac{9-8}{2^5} = 0,031$  or  $\approx 3.1\%$ . Let's refine the root by the method of chords and tangents. The approximate value of the root of the equation is assumed to be equal:

$$n_{np} = \frac{8,470 + 8,471}{2} = 8,4705 \approx 8,471$$

with an accuracy of  $10^{-3}$ .

To graphically determine the optimal frequency of engine scrolling, a curve of total moments is constructed. The projection of the minimum point of the total moments on the axis determines the desired value. The optimal frequency of cranking the engine crankshaft in our case turned out to be equal to  $n_{np} = 8,471 \text{ min}^{-1}$ . We take  $8.5 \text{ min}^{-1}$ .

The found value of the cranking speed of  $8.5 \text{ min}^{-1}$  is advisable to maintain throughout the entire diagnostic period. An increase or decrease in this speed value leads to the influence of friction and inertia forces, rotating and translationally moving parts of the mechanism of the internal combustion engine, at the time of resistance to scrolling, which can lead to a large error in diagnosis at  $n_{np} < 8.5 \text{ min}^{-1}$  or disconnection of the engine shaft with the shaft of the scrolling device at  $n_{np} > 11 \text{ min}^{-1}$ .

Based on the above, it can be concluded that the obtained optimal rotational speed allows you to diagnose the engine at sufficiently stable cranking speeds.

A special decompression device was designed and manufactured for decompression of the tested cylinders. Using a decompression meter, we conducted experimental studies to identify the effect of decompression parameters on compression resistance indicators. The values of the design parameters of the decompression meter and the dimensions of the flow section of the device and the results obtained on the pressure of the compression end are shown in Table 2.

Table 2 - Dependence of compression end pressure on decompression parameters

P (МПа)	h (mm)	a (mm)	b (mm)	c (mm)	Sin(α)	r (mm)	s (mm)
0,18	0	0	0	0	0	0	0
0,178	0,45	3,45	4,572	0,072	0,656	2,953	1,344
0,175	0,65	3,65	4,725	0,225	0,635	2,857	4,132
0,17	1	4	5	0,5	0,6	2,7	8,949
0,165	1,35	4,35	5,284	0,784	0,568	2,555	13,68
0,16	1,5	4,5	5,408	0,908	0,555	2,496	15,68
0,14	1,7	4,7	5,576	1,076	0,538	2,421	18,31

Graphical dependences and approximating functions [2] of the pressure of the compression end of the tested cylinder on the decompression parameters are shown in Figure 5.

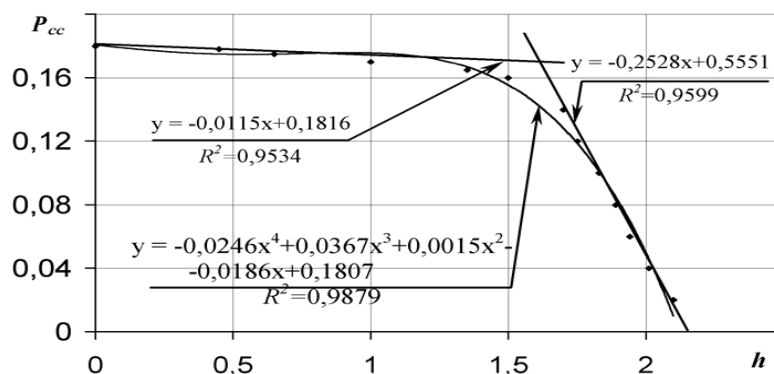


Figure 4 – Dependence of the pressure of the  $P_{cc}$  compression end on the height of the decompression valve lift,  $h$

The analysis of the obtained dependences and their approximating functions shows [ 6, 7] that the pressure of the compression end has quite definite connections with the parameters of decompression of the cylinder. The dependencies shown in Figure 4, which confirm the proposed theoretical premises, are of the greatest interest for the development of a diagnostic method. However, it should be noted that the regression equations of these dependencies are polynomials of the fourth degree [2]. Their use to find the critical point of the  $P_{cc}$  (see Figure 3) is a relatively time-consuming process. After processing the experimental material, we obtained the following results. Two direct dependences of  $P_{cc} = f(h)$  are shown in Figure 4.

The points of the  $P_{cc}$  are confirmed with sufficient reliability and accuracy, as evidenced by the reliability coefficients of the approximation  $R^2$ .

According to the data obtained, the system of equations for  $P_{cc} = f(h)$  looks like this:

$$\left. \begin{aligned} P_{cc} + 0,0115h - 0.1816 &= 0 \\ P_{cc} + 0,2528h - 0.5551 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

Solving this system of equations, we get:

$$P_{cc} = 0,166 \text{ mPa}; h = 1,548 \text{ mm}.$$

Similar data were obtained for the dependence of  $P_{cc} = f(S)$ :

$$P_{cc} = 0,16 \text{ mPa}; S = 16.7 \text{ mm}^2.$$

Thus, according to the results of experiments, it can be argued that at the pressure of the compression end in the cylinders of the ZMZ-402 engine below 0.160 - 0.166 mPa, the tightness is broken, the engine is faulty and inoperable. This circumstance, with certain adjustments, can be used when making a diagnosis of the engine being tested.

**Conclusions.** 1. Experimental verification of the theoretical premises confirmed their correctness. The results found that the optimal speed mode of cranking the crankshaft is 8 ...10 min<sup>-1</sup>, and diagnostic parameters can be taken: the maximum moment of resistance to cranking the crankshaft; the moment of compression resistance; angular characteristics of the ascending and descending lines of the scrolling diagram; the area under the curve  $Mnp$ ; the displacement of the maxima  $Mnp$ ; the degree of unevenness of the moment of resistance to scrolling; the type of and the nature of the  $Mnp$  curve.

2. The dynamics of the change in the torque of the rolling resistance as a function of the angle of rotation of the crankshaft is approximated by a polynomial of the sixth degree and with different technical conditions, its coefficients and the free term are different. At the pressure of the end of the compression of 0.160-0.166 mPa, the cylinder being tested is inoperable. As the  $P_{cc}$  increases, the  $Mnp$  increases linearly.

## References

1. [1] Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S. N. Shukhanov, N. I. Ovchinnikova, A. V. Kosareva, A. C. Dorzhiev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 June's 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 548. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52026. – DOI 10.1088/1755-1315/548/5/052026.– EDN GSASKX.

2. [2] Connection of diagnostic parameters with the technical condition of the engine / E. V. Eltoshkina, P. Ilyin, O. A. Svirbutovich, N. P. Aleksandrov // E3S Web of Conferences : International Scientific and Practical Conference “Development and Modern Problems of Aquaculture” (AQ-UACULTURE 2022), Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia, 26 september – 02 2022. Vol. 381. – Divnomorskoe village, Krasnodar region, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 02030. – DOI 10.1051/e3sconf/202338102030. – EDN MOFNZR.

3. [3] Increasing the operational reliability of tractors by backing up the replacement elements / M. Buraev, G. Buraeva, V. Belomestnykh [et al.] // E3S Web of Conferences: 8, Rostovon-Don, 19–30 августа 2020 года. – Rostovon-Don, 2020. – P. 08001. –DOI 10.1051/e3sconf/202021008001.- EDN YPGGDL.

4. [4] Mathematical Modeling of the Differential Dynamics of the Galvanic Process of Restoring the Seats of the Main Supports of Autotractor Engines / D. Rozhkov, P. Ilyin, E. Eltoshkina, O. Svirbutovich // International Conference on Aviaemechanical Engineering and Transport (AviaENT 2019) : Proceedings of the International Conference on Aviaemechanical

Engineering and Transport (AviaENT 2019), Irkutsk, 27 May – 01. 2019. Vol. 188. – Irkutsk: Atlantis Press, 2019. – P. 288-297. – DOI 10.2991/aviaent-19.2019.54. – EDN RVQEED.

5. [5] Ovchinnikova, N. I. Simulation diagnostics of power train mechanical drives / N. I. Ovchinnikova, V. V. Bonnet, A. V. Kosreva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, Volgograd, Krasnoyarsk, 18–20 June's 2020 / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 548. – Volgograd, Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52033. – DOI 10.1088/1755-1315/548/5/052033.– EDN FJNNKA.

6. [6] Shakhaev, V. L. Modeling of extreme experiments using a second-order model / V. L. Shakhaev, D. N. Radnaev, V. V. Tumurkhonov // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov. – 2018. – № 2(51). – P. 103-110. – EDN XRFCXZ.

7. [7] Zhargalova, S. V. Development and state support of agriculture of the Republic of Buryatia / S. V. Zhargalova, I. B. Tsyrenova // Topical issues of economic sciences and modern management : a collection of articles based on the materials of the XLIII International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, February 03, 2021. Volume 2 (34). – Novosibirsk: Siberian Academic Book Limited Liability Company, 2021. – pp. 103-110. – EDN MOKBKR.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗКИ ГРУБЫХ КОРМОВ В АРКТИЧЕСКИЕ РАЙОНЫ ЯКУТИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАВОЗА СЕНА В РУЛОНАХ ИЗ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЕРХОЯНСК

Полина Александровна Татарникова<sup>1</sup>, Варвара Петровна Друзьянова<sup>2</sup>, Анатолий Андреевич Харлампьев<sup>3</sup>.

<sup>1,3</sup>ФГАОУ ВО "Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова", Якутск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», Якутск, Россия

<sup>1</sup> polina\_yakutsk@mail.ru

<sup>2</sup> druzvar@mail.ru

<sup>3</sup> kharlampyev01@gmail.com

*Аннотация.* В статье рассмотрен вопрос о необходимости организации перевозки кормов в районы Арктической зоны Якутии для обеспечения благоприятных условий содержания крупного рогатого скота в стойловый период. Рекомендовано изменение схемы перевозки грубых кормов (сена в рулонах) на примере маршрута Амурская область – г. Верхоянск, путем частичного замещения автомобильного транспорта на железнодорожный. Приведены расчеты основных эксплуатационных затрат на перевозку при организации доставки кормов автомобильным транспортом, а также по совмещенному варианту (железнодорожно-автомобильная перевозка). По результатам расчетов выявлен экономический эффект, подтверждающий целесообразность использования совмещенной технологии перевозки кормов. Для реализации изменения схемы перевозки авторами предлагается создание грузового накопителя в районе железнодорожной станции Нижний Бестях для централизованного сбора кормов для КРС и обеспечения необходимых условий хранения.

**Ключевые слова:** Якутия, сено, перевозка, железнодорожный транспорт, грузовой накопитель.

## IMPROVEMENT OF ROUGHAGE TRANSPORTATION TECHNOLOGY IN THE ARCTIC REGIONS OF YAKUTIA BY THE EXAMPLE OF HAY DELIVERY IN BALES FROM AMUR REGION TO VERKHOYANSK

Polina A. Tatarnikova<sup>1</sup>, Varvara P. Druzyanova<sup>2</sup>, Anatoly A. Kharlampyev<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

<sup>1</sup> polina\_yakutsk@mail.ru

<sup>2</sup> druzvar@mail.ru

<sup>3</sup> kharlampyev01@gmail.com

*Abstract.* The article considers the need to organize the transportation of fodder to the regions of the Arctic zone of Yakutia to ensure favorable conditions for keeping cattle during the stabling period. It is recommended to change the scheme of roughage (hay in rolls) transportation by the example of the Amur Region - Verkhoyansk route, by partially replacing road transport by railways. There are the calculations of the basic operational expenses for the transportation when organizing the fodder delivery by automobile transport and by a combined variant (railway-road transportation). Based on the results of the calculations, the economic effect is revealed, confirming the expediency of using the combined technology of fodder transportation. To implement changes in



*the transportation scheme, the authors propose to create a freight storage facility near the railway station Nizhny Bestyakh for centralized collection of cattle fodder and to ensure the necessary storage conditions.*

**Keywords:** Yakutia, hay, transportation, railway transport, freight storage.

**Введение.** За последние десятилетия в Якутии происходит постоянное снижение количественных показателей поголовья крупного рогатого скота (КРС). Для региона, треть населения которого, по информации Сахастана [1], составляют жители сельских местностей (рисунок 1), дальнейшее развитие этой тенденции может негативно повлиять на уровень жизни местного населения и снизить уровень продовольственной безопасности части районов.

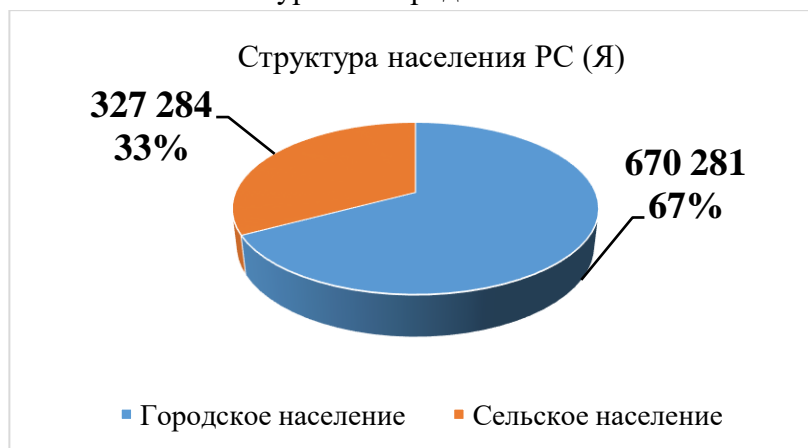


Рисунок 1 – Структура населения Республики Саха (Якутия)

В свою очередь, это создает необходимость разработки соответствующих мероприятий для регулирования сложившейся ситуации.

**Методика исследования.** Исследование проводилось на основании теоретического анализа методической и учебной литературы, анализа статистических показателей состояния животноводства и кормообеспечения КРС в Республике Саха (Якутия), применения методики расчета эксплуатационных показателей перевозки автомобильным транспортом.

Проведенный нами ранее анализ условий организации ведения скотоводства [2] показал, что имеются сложности с обеспечением скота грубыми кормами в стойловый период, длительность которого в Якутии доходит до 8-9 месяцев в году. Суровые климатические условия региона усложняют процесс заготовки кормов и становятся причиной невыполнения планов кормозаготовительных кампаний [3].

Доведение объемов грубых кормов до надлежащего уровня происходит за счет дополнительного завоза сена как из районов республики, перевыполнивших планы по заготовке сена, так и из соседних регионов (имеется практика завоза из Амурской области) [4].

Организация перевозки грузов в республике осложняется отсутствием круглогодичной транспортной доступности на арктических территориях, где наземный транспорт может функционировать только в зимний период по сезонным автодорогам – зимникам.

Также нужно отметить, что среднее расстояние от арктической группы районов республики до ближайшего к Якутии соседнего региона – Амурской области и обратно составляет порядка 4000 км. В таких условиях автомобильные перевозки имеют неоправданно высокую себестоимость. Принимая во внимание наличие железнодорожного сообщения в Якутии на участке маршрута от Амурской области до станции в п. Нижний Бестях [5], рассмотрим вариант частичного замещения пути перевозки автомобилями на железнодорожный транспорт.

Для оценки эффективности такого замещения были произведены расчеты себестоимости перевозки по маршруту Амурская область – г. Верхоянск по основным эксплуатационным затратам: стоимость перевозки ж/д транспортом, оплата водителям и затраты на топливо и горюче-смазочные материалы (ГСМ) [6].

Расчет расходов на топливо (руб.), были произведены по формуле (1) [7]:

$$C_T = \frac{L \times N_{p.t.}}{100} \times C_T, \quad (1)$$

где:  $L$  – расстояние, км;

$N_{p.t.}$  – норма расхода топлива, л/100 км;

$C_T$  – цена топлива, руб./л

Расходы на ГСМ были приняты за 10% от расходов на топлива, руб.

Размер оплаты водителям определен исходя из сложившейся в Якутии стоимости за автоперевозку по региону – 15000 руб./500 км.

Стоимость перевозки ж/д транспортом была предоставлена отделом грузоперевозок АО «АК «Железные дороги Якутии» [8], расчетный объем перевозимого груза – сено в рулонах, 10 т.

При замене участка пути на ж/д транспорт, расстояние автодоставки от ст. Н.Бестях до г. Верхоянск составит 650 км по прямой, всего по прямому и обратному направлению – 1300 км.

По итогам расчетов были получены результаты, представленные в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Затраты на перевозку 10 т грубых кормов автотранспортом по маршруту Амурская область – г. Верхоянск

Норма расхода топлива, л/100 км	Расход на 4000 км, л	Цена дизельного топлива, руб./л	Итого затрат на топливо, руб.	Расходы на ГСМ, руб.	Оплата водителю, руб.	Итого, руб.
38	1520	77	117 040	11 704	120 000	248 744

Таблица 2 - Затраты на перевозку 10 т грубых кормов по смешанному варианту по маршруту Амурская область – г. Верхоянск

Стоимость ж/д перевозки, руб.	Норма расхода топлива, л/100 км	Расход на 1300 км, л	Цена дизельного топлива, руб./л	Итого затрат на топливо, руб.	Расходы на ГСМ, руб.	Оплата водителю, руб.	Итого, руб.
120 946	38	494	77	38 038	3804	39000	201 788

**Результаты и обсуждение.** Учитывая практику завоза сена из Амурской области в 2021 году [9], определим экономический эффект от изменения схемы перевозки ( $\Delta_{эф}$ ) из расчета объема груза 10 тыс. т по формуле (2):

$$\Delta_{эф} = C_n^1 - C_n^2 \quad (2)$$

где:  $C_n^1$  – затраты на перевозку по маршруту Амурская область – г. Верхоянск автомобильным транспортом, руб.;

$C_n^2$  – затраты на перевозку по маршруту Амурская область – г. Верхоянск с замещением участка пути до ст. Н.Бестях железнодорожным транспортом, руб.

$$\Delta_{эф} = 248\,744\,000 - 201\,788\,000 = 469\,560\,000 \text{ руб.}$$

Таким образом, экономический эффект от применения смешанной железнодорожно-автомобильной перевозки 10 000 т грубых кормов из Амурской области до г. Верхоянска, расположенного в Арктической зоне Якутии, согласно проведенным расчетам составляет 469 млн. 560 тыс. руб.

По итогам расчетов становится очевидной целесообразность корректировки технологической схемы перевозки [10].

**Вывод и рекомендации.** Для реализации данной схемы перевозки считаем необходимым создание грузового накопителя для грубых кормов, позволяющего организовать доставку ж/д транспортом и обеспечить соответствующие условия хранения кормов до открытия зимников. Вместе с этим, накопитель может быть использован и для централизованного хранения кормов, завозимых из центральных улусов республики для районов с дефицитом. Технологическая схема перевозки кормов в таком случае будет представлена следующим образом (рисунок 2):



Рисунок 2 - Схема перевозки кормов для КРС при создании грузового накопителя в п. Нижний Бестях

Таким образом, эффект от внедрения предлагаемого проекта технологии перевозки сена будет выражен в сокращении транспортных расходов и создания условий для максимального сохранения качественных характеристик грубых кормов до момента потребления.

#### Список источников

1. Сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РС (Я) [Электронный ресурс], URL: <https://sakha.gks.ru> (дата обращения: 15.05.2023 г.)
2. Татарникова, П. А. Проблематика традиционных отраслей сельского хозяйства в районах Арктической зоны Республики Саха (Якутия) (на примере скотоводства и коневодства) / П. А. Татарникова, В. П. Друзьянова // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4-х томах, Благовещенск, 20–21 апреля 2022 года. Том 4. – Благовещенск:

Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. – С. 338-344. – DOI 10.22450/9785964205517\_4\_46. – EDN TOKZMY

3. Татарникова, П. А. Факторы, определяющие устойчивое кормообеспечение крупного рогатого скота в Республике Саха (Якутия) / П. А. Татарникова, А. А. Харлампьев, В. П. Друзянова // Стратегия и перспективы развития агротехнологий и лесного комплекса Якутии до 2050 года : Сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию образования Якутской АССР и 85-летию Первого президента РС(Я) М. Е. Николаева (Николаевские чтения), Якутск, 17 ноября 2022 года. – Якутск: Издательство "Знание-М", 2022. – С. 308-313. – EDN SNJLZH

4. Итоги кормозаготовительного сезона Республики Саха (Якутия) 2021 года (Якутия) [Электронный ресурс], URL: <https://www.sakha.gov.ru/news/front/view/id/3291830>

5. Официальный сайт АО «Транспортно-логистический центр Якутии» [Электронный ресурс], URL: <https://tlc-yakutia.ru/>

6. Титов, Б. А. Транспортная логистика [Электронный ресурс]: электрон, учеб. пособие /Б. А. Титов; Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм, ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон, текстовые и граф. дан. (3,15 Мбайт). - Самара, 2012.

7. Экономика транспорта : учебник и практикум для академического бакалавриата /под ред. Е. В. Будриной. — М. : Издательство Юрайт, 2016 — 366 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

8. Официальный сайт АО «Акционерная компания „Железные дороги Якутии“» [Электронный ресурс], URL: <https://rw-y.ru/perevozkagruzov/9752/> (дата обращения: 22.05.2023 г.)

9. Сетевое издание «Информационный портал Yk24/Як24» [Электронный ресурс], URL: <https://yk24.ru/obshhestvo/yakutiya-zakupit-bole-13-tys-tonn-sena-iz-amurskoj-i-magadanskoj-oblastej/> (дата обращения: 19.05.2023 г.)

10. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учеб. пособие / В.М. Беляев. – М.: МАДИ, 2014 – 204 с.

## СЕКЦИЯ 2 «ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК»

УДК 536.24

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ НАГРЕВА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМОСИФОННОГО ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ЖИДКОСТИ

Сергей Олегович Бобровский<sup>1</sup>, Андрей Алексеевич Багаев<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия

<sup>1</sup>sergej.bobrovskij.95@mail.ru

<sup>2</sup>BAGAEV710@mail.ru

***Аннотация.** Существующее оборудование для пастеризации молока и молочных продуктов характеризуется значительными затратами, связанными с процессом нагрева воды и генерации водяного пара, высокой энергоемкостью, сложной конструкцией, сниженным КПД. Применение индукционного нагрева токами высокой частоты для термообработки молочного сырья позволит исключить затраты энергии на нагрев первичного теплоносителя, повысить тепловую эффективность таких пастеризаторов. Результаты моделирования теплообменных характеристик и геометрических размеров теплообменных систем для нагрева пищевых продуктов показали, что система «цилиндрический змеевик - нагреваемая жидкость» является наиболее целесообразной за счет лучших теплообменных характеристик и более компактных размеров. В ходе исследования было установлено, что нагрев змеевикового теплообменника происходит неравномерно. Решение данной проблемы заключалось в повышении равномерности нагрева теплообменной поверхности. В связи с этим был рассмотрен нагрев жидкости в термосифонных парогенераторах с использованием косвенного (индукционного) электронагрева в качестве перспективной технологии.*

**Ключевые слова:** молочное сырье, пастеризация, теплообменник, индукционный нагрев, индуктор, змеевик, нагрев жидкости, термосифон, равномерность нагрева.

### RESULTS OF RESEARCH ON WAYS TO INCREASE THE UNIFORMITY OF HEATING OF THE HEAT EXCHANGE SURFACE OF A THERMOSYPHON INDUCTION LIQUID HEATER

Sergey O. Bobrovsky<sup>1</sup>, Andrey A. Bagaev<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia

<sup>1</sup>sergej.bobrovskij.95@mail.ru

<sup>2</sup>BAGAEV710@mail.ru

***Abstract.** The existing equipment for pasteurization of milk and dairy products is characterized by significant costs associated with the process of heating water and generating water vapor, high energy intensity, complex design, reduced efficiency. The use of induction heating with high-frequency currents for the heat treatment of dairy raw materials will eliminate energy costs for heating the primary coolant, increase the thermal efficiency of such pasteurizers. The results of modeling the heat exchange characteristics and geometric dimensions of heat exchange systems for heating food products have shown that the "cylindrical coil - heated liquid" system is the most appropriate due to better heat exchange characteristics and more compact dimensions. During the study, it was found that the heating of the coil heat exchanger proceeds unevenly. The solution to this*

*problem was to increase the uniformity of heating of the heat exchange surface. In this regard, liquid heating in thermosiphon steam generators using indirect (induction) electric heating was considered as a promising technology.*

**Keywords:** dairy raw materials, pasteurization, heat exchanger, induction heating, inductor, coil, liquid heating, thermosiphon, uniformity of heating.

**Введение.** Сохранить молочное сырье от быстро развивающихся в нем патогенных микроорганизмов, которые в значительной степени снижают требуемое качество молочного продукта, является важной задачей. Уничтожить болезнетворные микроорганизмы возможно исключительно при термической обработке. В этом случае широко используется пастеризация, которая способствует значительному повышению сроков хранения и реализации продукта.

Основное оборудование, реализующее пастеризацию, представляют пастеризационно-охладительные установки косвенного нагрева пластинчатого или кожухо-трубного типа. Тепло в таких установках передается с помощью промежуточного теплоносителя, в качестве которого может быть водяной пар или горячая вода, что усложняет их конструкцию, создает потери энергии и неудобства в эксплуатации, приводит к снижению КПД.

Применение ультразвука, инфракрасного и ультрафиолетового облучений, диэлектрического нагрева, электронагрева сопротивлением, солнечной энергии, гидродинамической кавитации относятся к альтернативным способам обработки пищевых продуктов, в частности молока [1-7]. Данные технологии не вышли за рамки научно-исследовательских работ и в настоящее время не получили широкого распространения по причине недостаточной антибактериальной и энергетической эффективности.

Перспективным считается применение технологии индукционного нагрева для тепловой обработки молочного сырья, энергетическая эффективность которой оценивается в пределах от 95 до 99 % [8, 9]. Это утверждение требует объективной оценки подтверждения.

**Материалы и методы.** Для дальнейшего исследования была принята «высокотемпературная кратковременная пастеризация», реализуемая в пастеризаторе индукционного типа при температуре 72-75 °С и выдержки продукта 15-20 секунд.

В качестве аналога молока использовалась вода с добавлением глицерина, хлористого натрия и соды. Плотность водного раствора соответствовала плотности молока.

Исходными данными в процессе расчетов являлись: производительность  $Q = 1000$  кг/ч = 0,27 кг/с, температура стенки нагревательной трубы  $T_{ст} = 100$  °С, температура продукта на входе  $T_{вх} = 20$  °С, температура продукта на выходе  $T_{вых} = 75$  °С.

Ранее были рассмотрены теплообменные системы для нагрева пищевых продуктов («труба с внутренними источниками теплоты в диэлектрической трубе», «труба с внутренним источником теплоты - пленка нагреваемой жидкости» и «цилиндрический змеевик - нагреваемая жидкость»). В результате моделирования их теплообменных характеристик и геометрических размеров установлено, что наиболее целесообразно применять в составе пастеризационной установки теплообменник змеевикового типа, который обладает лучшими теплообменными характеристиками и наиболее компактными размерами.

**Результаты.** В ходе исследования было выявлено, что нагрев змеевикового теплообменника индукционной установкой в нагревательной системе «индуктор-змеевиковый теплообменник» протекает неравномерно, о чем свидетельствуют изображения на рисунке 1.



Рисунок 1 – Неравномерный нагрев змеевикового теплообменника

Был также проведен ряд экспериментов, в ходе которых подтвердилась неравномерность нагрева (рисунок 2).

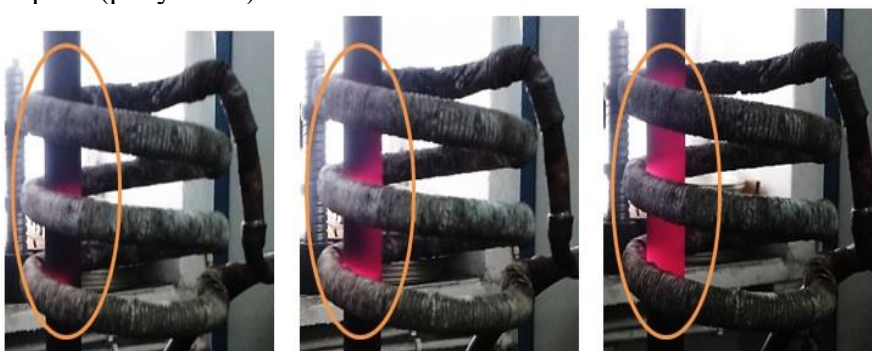


Рисунок 2 – Нагрев тела, помещенного в индуктор (область неравномерного нагрева выделена овалом)

Данный факт в значительной мере затруднял процесс нагрева жидкости в теплообменнике. Решение возникшей проблемы заключалось в повышении равномерности нагрева теплопередающей поверхности змеевикового теплообменника. Равномерность может быть обеспечена следующими способами:

- установить во внутрь индуктора с медной изолированной обмоткой, представляющую собой медную трубку, трубчатый сердечник в виде змеевика, выполненный из стальной гофрированной нержавеющей трубы, который будет соосно размещен внутри медной трубки. Между медной трубкой и сердечником расположить слой диэлектрика [10];

- расположить соосно внутри трубчатого змеевикового сердечника, выполненного так же из стальной гофрированной нержавеющей трубы, медный индуктор, который будет покрыт слоем диэлектрического материала с нейтральными биологическими и химическими свойствами. Концы сердечника из нержавеющей стали соединить друг с другом проводником [11].

Предложенные решения сложны в технологии изготовления.

Другим решением, повышающим равномерность нагрева поверхности теплообменника, является термосифонный нагрев. Подобное конструктивное решение позволит исключить нагрев теплоносителя в большом объеме и организовать процесс парообразования промежуточного теплоносителя в пленочном режиме, а также процесс нагрева текучей жидкости в режиме термосифонного нагрева и тем самым сократить затраты энергии на нагрев большого количества промежуточного теплоносителя до температуры парообразования [12].

Рассмотрим основы нагрева жидкости в термосифонных пленочных парогенераторах. Температура пара при рабочем давлении  $P_{II} = 0,13-0,15$  МПа [13].

Температура пара при рабочем давлении определяли по эмпирической формуле [13]:

$$t_{II} = (196,552 + 4,3826 \cdot P_{II}^{0,25} + 8,514 \cdot \ln P_{II}) - 273 :$$

при давлении  $P_{II} = 0,13$  МПа  $t_{II} = 107,02$  °С

при давлении  $P_{II} = 0,15$  МПа  $t_{II} = 120$  °С

Средняя температура пара  $t_{II} = 110$  °С

Расход греющего пара [14]:

$$D_{II} = \frac{Q_M}{(i_{II} - i_K)}, \quad (1)$$

где  $Q_M$  – тепловой поток, требующийся для нагрева, Вт;

$i_{II}$  – удельная энтальпия пара, Дж/кг;

$i_K$  – удельная энтальпия конденсата, Дж/кг.

Удельная энтальпия пара [15]:

$$i_{II} = 2493 \cdot 10^3 + 1970 \cdot t_{II} \quad (2)$$

При  $t_{II} = 110$  °С

$$i_{II} = 2709700 \text{ Дж/кг} \quad (3)$$

Конденсат имеет температуру пара в соответствии с Т-S диаграммой термосифона [16].

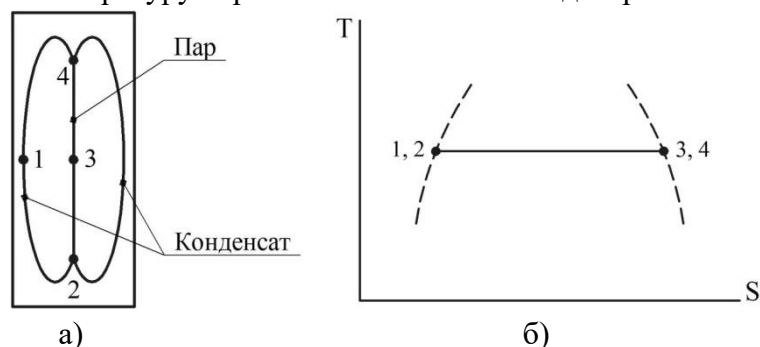


Рисунок 3 – Схема термосифона и Т-S диаграмма термодинамических процессов в нем:

а) – термосифон; б) – Т-S диаграмма

Процесс в термосифоне протекает в области влажного пара с изменением фазового состояния при практически постоянной температуре и давлении. При этом состояние рабочего вещества в термосифоне практически не меняется; точки, изображающие состояние рабочего вещества из зоны генерации пара 1 и на входе в зону конденсации 2, а также на выходе из теплопередачика 3 и на входе в теплоприемник 4, на Т-S диаграмме практически совпадают.

В связи с этим удельная энтальпия конденсата, имеющего температуру пара:

$$i_K = C_K \cdot t_{II}, \quad (4)$$

где  $t_{II}$  – температура пара, °С;

$C_K$  – удельная теплоемкость конденсата,  $C_K = 4190$  Дж/(кг·°С).

Тогда

$$i_K = 4190 \cdot 110 = 460900 \text{ Дж/кг} \quad (5)$$

Тепловой поток, затрачиваемый на нагрев нагреваемой жидкости, Вт, в формуле (1) с учетом выражений (2) – (5):

$$Q_M = M_M \cdot C_M \cdot (T_{ВЫХ} - T_{ВХ}), \quad (6)$$

где  $M_M$  – массовый расход нагреваемой жидкости, кг/ч;



$C_M$  – удельная теплоемкость нагреваемой жидкости, Дж/(кг·°C), для молока  $C_M = 3900$  Дж/(кг·°C);

$T_{ВЫХ}$  – температура нагреваемой жидкости на выходе, °C;  $T_{ВЫХ} = 75$  °C;

$T_{ВХ}$  – температура нагреваемой жидкости на входе, °C;  $T_{ВХ} = 20$  °C.

В результате подстановки (6) в (1) получили

$$D_{II} = \frac{M_M \cdot C_M \cdot (T_{ВЫХ} - T_{ВХ})}{(i_{II} - i_K)} \quad (7)$$

Преобразуя (7) относительно массового расхода нагреваемой жидкости  $M_M$ , получили:

$$M_M = \frac{D_{II} \cdot (i_{II} - i_K)}{C_M \cdot (T_{ВЫХ} - T_{ВХ})} \quad (8)$$

Результаты расчета  $M_M$  по формуле (8) при вышеуказанных  $i_{II}$ ,  $i_K$ ,  $C_M$ ,  $T_K$ ,  $T_H$  и изменяющемся расходе пара  $D_{II}$  приведены в таблице 1 и на рисунке 4.

Таблица 1 – Результаты расчета массового расхода нагреваемой жидкости  $M_M$  от расхода греющего пара  $D_{II}$

Расход греющего пара $D_{II}$ , кг/с	0,0125	0,025	0,05	0,1
Массовый расход нагреваемой жидкости $M_M$ , кг/ч	471,77	943,57	1887,1	3774,2

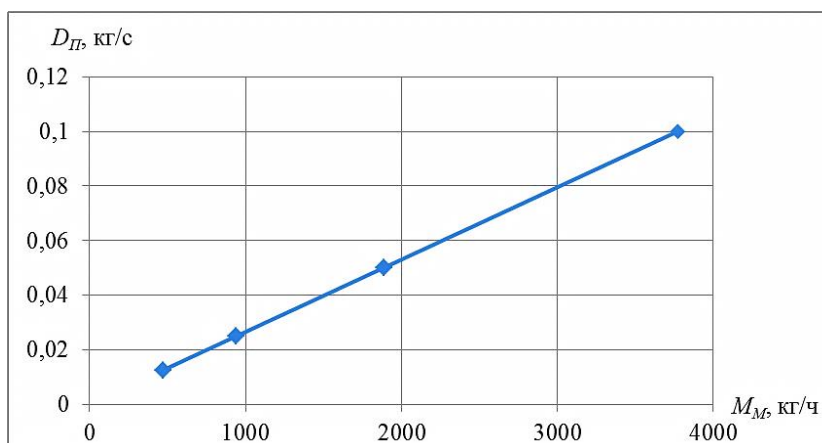


Рисунок 4 – Зависимость расхода греющего пара  $D_{II}$ , кг/с, от массового расхода нагреваемой жидкости  $M_M$ , кг/ч

Тепловой поток, требуемый для перевода нагретой до температуры кипения жидкости:

$$Q_{II} = rM_e, \quad (9)$$

где  $r$  – удельная теплота испарения, Дж/кг (принято  $r = 2260$  кДж/кг);

$M_e$  – масса переводимой в пар жидкости, кг.

Для исключения нагрева жидкости до температуры кипения было целесообразно организовать процесс парообразования в пленочном режиме с одновременным восстановлением пленки жидкости в процессе парообразования.

Для этого требовалось знать объем пленки  $V_{пл}$ , м<sup>3</sup>; толщину пленки  $\delta$ , м; площадь поверхности парогенерации  $S_{окр}$ , м<sup>2</sup>; диаметр трубки парообразующей поверхности  $D$ , м; длину парообразующей поверхности  $h$ , м.

Объем пленки жидкости в процессе парообразования, м<sup>3</sup>:

$$V_{пл} = \frac{M_e}{\rho}, \quad (10)$$

где  $M_e$  – масса жидкости, подлежащей парообразованию, кг;

$\rho$  – плотность жидкости, подлежащей парообразованию, кг/м<sup>3</sup> (принято  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>).

Площадь окружности теплообменной поверхности:

$$S_{окр} = \frac{V_{пл}}{\delta}, \quad (11)$$

где  $\delta$  – толщина пленки жидкости, м (принято в дальнейшем  $\delta = 0,001$  м).

Диаметр теплогенерирующей поверхности

$$D = \frac{S_{окр}}{\pi \cdot h}, \quad (12)$$

где  $h$  – длина парообразующей поверхности, м.

Результаты расчета диаметра окружности парогенерирующей поверхности  $D$ , м, от длины указанной поверхности  $h$ , м, при заданных значениях жидкости, переводимой в состояние пара  $M_e$ , приведены в таблице 2 и на рисунке 5.

Таблица 2 – Результаты расчета диаметра окружности парогенерирующей поверхности  $D$ , м, от длины указанной поверхности  $h$ , м, при заданных значениях жидкости, переводимой в состояние пара  $M_e$

	$M_e$ , кг			
	0,025	0,05	0,075	0,1
$D$ , м	0,0318	0,0636	0,095	0,127
$h$ , м	0,25	0,25	0,25	0,25
$D$ , м	0,0159	0,032	0,047	0,06
$h$ , м	0,5	0,5	0,5	0,5
$D$ , м	0,008	0,0159	0,029	0,03
$h$ , м	1	1	1	1

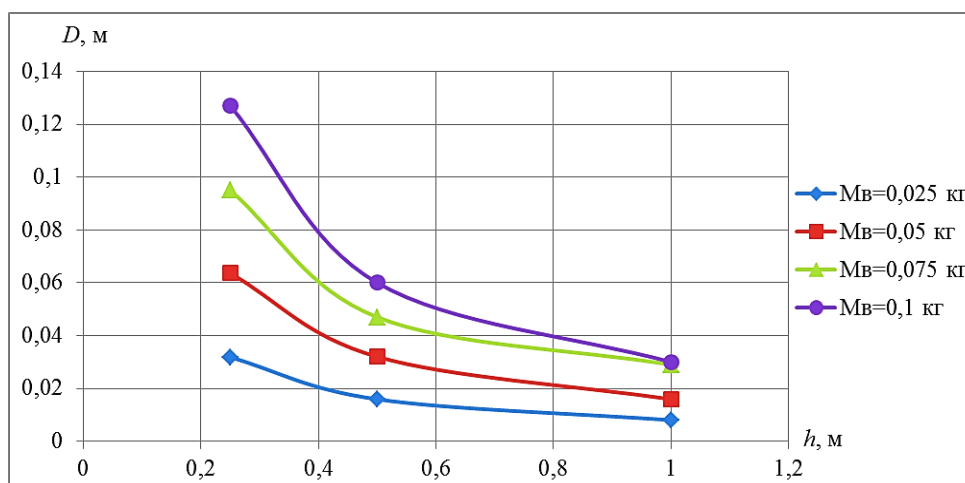


Рисунок 5 – Зависимость диаметра окружности парогенерирующей поверхности  $D$ , м, от длины указанной поверхности  $h$ , м, при заданных значениях жидкости, переводимой в состояние пара  $M_e$

Для решения проблемы, описанной выше, процесс нагрева жидкости осуществлялся в системе «индуктор-змеевиковый теплообменник в термосифонной камере». Была разработана схема (рисунок 6) и собрана экспериментальная установка данной системы.

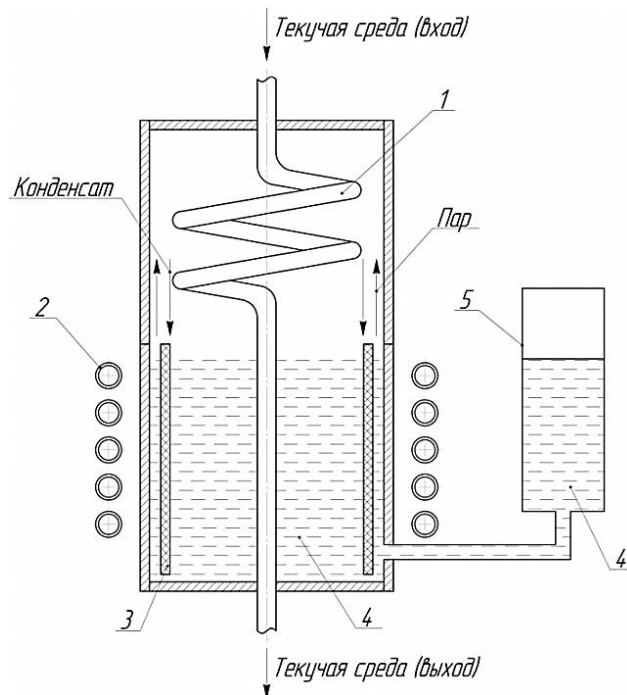


Рисунок 6 – Схема системы «индуктор-теплообменник в термосифонной камере»: 1 – змеевиковый теплообменник; 2 – индуктор; 3 – диэлектрическая труба; 4 – жидкость (промежуточный теплоноситель); 5 – компенсационная емкость

Было проведено планирование эксперимента, позволяющее варьировать выбранными факторами и получить количественные оценки эффектов их взаимодействия. Эксперимент проводился в трехкратной последовательности.

В качестве основных варьируемых факторов, влияющих на процесс нагрева жидкости, были выбраны:  $X_1$  – производительность  $Q$ , кг/ч;  $X_2$  – количество передаваемой теплоты  $P$ , кВт. Также в ходе эксперимента изменению подлежал диаметр трубы змеевикового теплообменника  $d$ , мм. По стандартному ряду гофрированных труб из нержавеющей стали были выбраны диаметры 15, 18 и 20 мм.

Пределы изменения исследуемых факторов при различных диаметрах трубы змеевикового теплообменника представлены в таблицах 3-5.

Таблица 3 – Пределы изменения исследуемых факторов при  $d = 15$  мм

Параметр	Код	-1	0	+1
Производительность $Q$ , кг/ч	$X_1$	210	525	840
Количество передаваемой теплоты $P$ , кВт	$X_2$	14,74	36,8	58,95

Таблица 4 – Пределы изменения исследуемых факторов при  $d = 18$  мм

Параметр	Код	-1	0	+1
Производительность $Q$ , кг/ч	$X_1$	250	625	1000
Количество передаваемой теплоты $P$ , кВт	$X_2$	14,74	36,8	58,95

Таблица 5 – Пределы изменения исследуемых факторов при  $d = 20$  мм

Параметр	Код	-1	0	+1
Производительность $Q$ , кг/ч	$X_1$	278	694	1100
Количество передаваемой теплоты $P$ , кВт	$X_2$	14,74	36,8	58,95

Критерием оценки влияния различных факторов на процесс нагрева жидкости в нагревательной системе «индуктор-теплообменник в термосифонной камере» был выбран  $Y$  – температура жидкости на выходе из теплообменника  $T$ , °С. Была составлена матрица планирования многофакторного эксперимента.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, которые адекватно описывают процесс нагрева жидкости под влиянием исследуемых факторов:

При  $d = 15$  мм

$$T = 16,20 - 0,08Q + 2,88P - 5Q^2 - 0,0004QP - 0,0192P^2; \quad (13)$$

При  $d = 18$  мм

$$T = 13,54 - 0,06Q + 2,49P - 5Q^2 - 0,0003QP - 0,0165P^2; \quad (14)$$

При  $d = 20$  мм

$$T = 10,58 - 0,04Q + 2,2P - 5Q^2 - 0,0002QP - 0,0141P^2. \quad (15)$$

В результате табулирования данных уравнений в программе STATISTICA 12.5 на персональном компьютере были построены графические зависимости.

На рисунках 7 приведены зависимости критерия оценки  $Y$  от основных варьируемых факторов: производительности  $Q$ , кг/ч; количества передаваемой теплоты  $P$ , кВт.

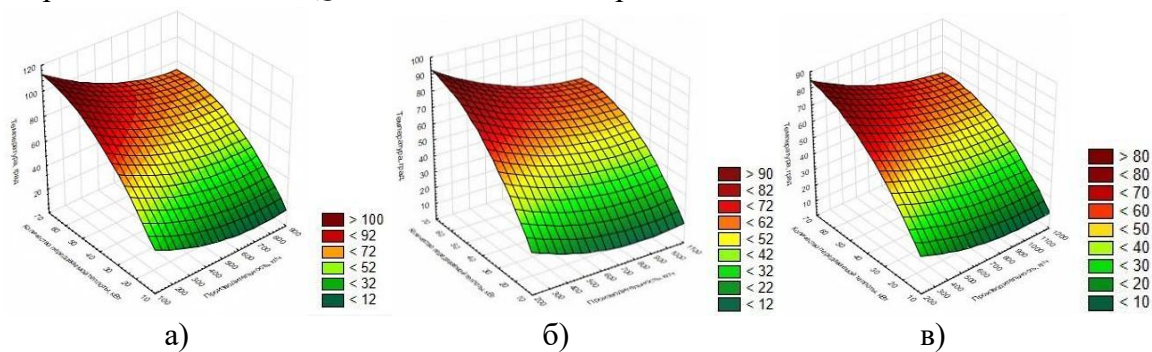


Рисунок 7 – Зависимость температуры жидкости на выходе из теплообменника  $T$  от производительности  $Q$  и количества передаваемой теплоты  $P$ : а) – при  $d = 15$  мм; б) – при  $d = 18$  мм; в) – при  $d = 20$  мм

Анализ рисунка 7 показывает, что при одной и той же подводимой мощности конечная температура будет меньше при большей производительности и не достигает требуемого значения 75 °С.

**Выводы.** Традиционные пастеризаторы характеризуются высокой энергоемкостью. Основным из направлений снижения энергозатрат является исключение процесса нагрева промежуточного теплоносителя. В этом смысле перспективным является индукционный нагрев, который можно реализовать в системах «индуктор-теплообменник» или «индуктор-теплообменник в термосифонной камере».

В ходе проведенных исследований было установлено, что нагрев змеевикового теплообменника протекает неравномерно. Решение данной проблемы заключалось в повышении равномерности нагрева теплопередающей поверхности теплообменника. В связи с этим был рассмотрен нагрев жидкости в термосифонных парогенераторах с использованием косвенного (индукционного) нагрева в качестве перспективной технологии.

## Список источников

1. Mahmoud, M.Z. The new achievements in ultrasonic processing of milk and dairy products / M.Z. Mahmoud, R. Davidson, W.K. Abdelbasset, M.A. Fagiry // *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. – 2022. – Vol. 15 (1). – P. 199-205. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2022.03.005>.
2. Антипов, С.Т. Математическое моделирование процесса инфракрасной пастеризации молока / С.Т. Антипов, А.В. Жучков, В.Ю. Овсянников, М.С. Бабенко // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. – 2013. – № 4 (58). – С. 67-72.
3. Ansari, J.A. Extension of shelf life of pasteurized trim milk using ultraviolet treatment / J.A. Ansari, M. Ismail, M. Farid // *Journal of Food Safety*. – 2020. – Vol. 40 (2). – DOI: <https://doi.org/10.1111/jfs.12768>.
4. Roy, J. Effect of microwave heat treatment on the quality of milk / J. Roy, UI. Latif, MSA. Mujnibeen, MS. Kabir, MI. Islam, KS. Alam // *International Journal of Recent Scientific Research*. – 2017. – Vol. 8 (9). – P. 19766-19771. – DOI: [10.24327/ijrsr.2017.0809.0755](https://doi.org/10.24327/ijrsr.2017.0809.0755).
5. Al-Hilphy, A.R.S. Designing and manufacturing of a non thermal milk pasteurizer using electrical field / A.R.S. Al-Hilphy // *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. – 2013. – Vol. 8 (3). – P. 204-211. – DOI: <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2013.204.211>.
6. Tigabe, S. Performance analysis of the milk pasteurization process using a flat plate solar collector / S. Tigabe, A. Bekele, V. Pandey // *Journal of Engineering*. – 2022. – Vol. 2022. – 13 p. – DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/6214470>.
7. Краснова, А.Ю. Гидродинамический нагреватель пастеризационной установки / А.Ю. Краснова, И.В. Капустин, В.И. Будков, Д.А. Лебедько // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2011. – № 6. – С. 18-20.
8. Başaran, A. Comparison of drinking milk production with conventional and novel inductive heating in pasteurization in terms of energetic, exergetic, economic and environmental aspects / A. Başaran, T. Yilmaz, S.T. Azgın, C. Çivi // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Vol. 317. – P. 128280. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128280>.
9. Соловьёв, С.В. Обоснование параметров конструктивных элементов индукционного нагревателя для пастеризации молока в потоке / Соловьёв С.В. Морозов В.В., Радкевич Е.В., Карташов Л.П., Макаровская З.В. // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 1 (75). – С. 100-103.
11. Патент № 2772376 РФ, МПК H05 B6/10 / Проточный индукционный нагреватель жидкости / Багаев А.А., Калинин Ц.И., Бобровский С.О.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный аграрный университет. – № 2021111496: заявл. 21.04.2021; опубл. 20.05.2022, Бюл. № 14.
12. Патент № 2773671 РФ, МПК H05 B6/10 / Проточный индукционный нагреватель текучих сред / Багаев А.А., Бобровский С.О.; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный аграрный университет. – № 2021113043: заявл. 04.05.2021; опубл. 07.06.2022, Бюл. № 16.
13. Патент № 2791097 РФ, МПК F22 B1/28, H05 B6/10 / Нагреватель жидкости / Багаев А.А., Бобровский С.О., Левин А.М.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Алтайский государственный аграрный университет». – № 2022116090: заявл. 14.06.2022; опубл. 02.03.2023, Бюл. №7.
14. Сурков В.Д. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности / В.Д. Сурков, Н.Н. Липатов, Ю.П. Золотин – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. – 432 с.
15. Удыма П.Г. Пленочные испарители / Под ред. А.М. Бакластова. – М.: Моск. энерг. ин-т, 1985. – 88 с.
16. Кавецкий Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии / Г.Д. Кавецкий, Б. В. Васильев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2000. – 551 с.
17. Богословский В.Н. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / В.Н. Богословский, И.Я. Поз. – М.: Стройиздат, 1983. – 319 с.: ил.

## СОЗДАНИЕ АВТОНОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ СЕЛЬХОЗПРЕДПРИЯТИЙ НЮРБИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

Жанна Григорьевна Сивцева<sup>1</sup>, Варвара Петровна Друзьянова<sup>2</sup>, Юлия Сергеевна Кулешова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

<sup>1</sup> Якутский индустриально-педагогический колледж имени В.М. Членова, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия

<sup>1</sup>jeannasivtseva@mail.ru

<sup>2</sup>druzvar@mail.ru<sup>2</sup>

<sup>3</sup>adfsvfu@mail.ru

**Аннотация.** Отмечено, что в ближайшей перспективе подключение улуса к газовым сетям не предусматривается. Отопительная сеть в селах Нюрбинского улуса функционирует на электрокотлах. С 1970-х годов энергоснабжение улуса обеспечивается электролинией в 110 кило вольт, протяженностью 394 км. В настоящее время участились аварийные отключения электричества ввиду высокого износа деревянных опор. Опасность заключается в том, что если авария происходит в зимнее время, то наступает угроза замерзания жилых домов, социальной инфраструктуры и производственных зданий. Для решения вышеприведенной проблемы предлагается внедрить в селах пиролизную технологию утилизации твердых отходов. Очищая экологию от твердых отходов, попутно можно получать альтернативное топливо в виде пиролизного газа. Горючим компонентом в нем является метан, сходный по своим параметрам природному газу. Проводя пирогаз через газовый генератор, можно получить электрическую энергию и, таким образом, создать автономную электрическую станцию.

**Ключевые слова:** пиролиз, пирогаз, пиролизная установка, утилизации сырья, опилка.

## CREATION OF AN AUTONOMOUS POWER PLANT FOR AGRICULTURAL ENTERPRISES OF THE NYURBINSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

Zhanna G. Sivtseva<sup>1</sup>, Varvara P. Druzyanova<sup>2</sup>, Yulia S. Kuleshova<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Belinsky st., Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

<sup>1</sup> Yakutsk Industrial - Pedagogical College, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia

<sup>1</sup>jeannasivtseva@mail.ru

<sup>2</sup>druzvar@mail.ru

<sup>3</sup>adfsvfu@mail.ru

**Abstract.** It is noted that in the nearest future, Nyurbinsky ulus isn't going to be provided with the gas networks. The heating network in the villages there operates on electric boilers. Currently, emergency power outages have become more frequent due to the high wear of wooden supports. The danger lies in the fact that if an accident occurs in winter, then there is a threat of freezing of residential buildings, social infrastructure and industrial buildings. To solve problem mentioned above, it is proposed to introduce pyrolysis technology for solid waste disposal in villages. By cleaning the environment from solid waste, it is possible to obtain alternative fuel in the form of pyrolysis gas along the way. The combustible component in it is methane, similar in its parameters to



*natural gas. By conducting pyrogas through a gas generator, there's a possibility to obtain electrical energy and, thus, create an autonomous electric station.*

**Key words:** pyrolysis, pyrogas, pyrolysis plant, raw material utilization, sawdust.

**Введение.** В настоящее время существует огромная проблема в системе электроснабжения Нюрбинского района Якутии. Нюрбинский район расположен в западной части Якутии. Территория его составляет 52,4 тыс.кв.км. Административным центром является город Нюрба, расположенный в 812 км от города Якутска. На территории района расположены 1 рабочий поселок, 24 населенных пунктов и 16 наслегов [1]. В последние годы, в связи с сильным износом деревянных опор, участились случаи аварийных отключений, причинами которых явились повреждения опор и обрывание проводов линий [3;4;5].

Опасность заключается в том, что если авария возникает в зимние месяцы, то наступает угроза замерзания по всей территории Нюрбинского улуса – поскольку отопление помещений в улусе осуществляется электродотками. Исходя из вышеперечисленного возникла необходимость разработки и внедрения автономной технологии, позволяющей селянам производить электроэнергию в момент ее отсутствия и тем самым обеспечить безостановочный процесс сельхозпроизводства.

**Условия и методы.** В Северо-Восточном федеральном университете нами обоснована и запущена автономная пироэлектрическая линия (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид автономной электрической станции: 1 – установка ГВА-1; 2- газовый счетчик; 3 – газгольдер – компрессор; 4 – газовый генератор; 5 - лампа

Практические исследования проведены согласно следующей схеме экспериментов, состоящей из пяти этапов:

- Этап I: Запуск пиролизной установки ГВА-1 и устранение неисправностей.
- Этап II: Сбор и подготовка твердого сырья в виде древесных отходов.
- Этап III: Запуск пиролизной установки ГВА-1 на древесных отходах и получение пирогаза.
- Этап IV: Сбор пиролизной когенерационной линии (автономной электрической станции).
- Этап V: Запуск автономной электрической станции.

Для обоснования и уточнения эксплуатационных и выходных параметров установки ГВА-1 проведены натурные опыты на сосновых опилках.

**Результаты и обсуждение.** На основании предыдущих исследований нами были обоснованы факторы, способствующие эффективной пиролизации древесных отходов [2;6;7;8;9;10]:

- размеры фракции отхода 1...5 мм;
- влажность твердого отхода,  $V=4,6 - 4,7\%$ ;
- температура окружающей среды,  $T_{окр} = 20-210C$ ;
- температура пиролиза,  $T_{пир} = 300 C$ ;
- объем пирогаза  $V_{б} = 0,027$ .куб.м;
- содержание метана в пирогазе от  $CH_4 = 90 \%$ ;
- диаметр жиклера для подачи газа в камеру сгорания генератора, .

В реактор установки ГВА -1 загружали 2 кг опилок с разными влажностями и размерами фракций. При этом были получены разные объемы пиролизного газа (таблица 1).

Таблица 1 - Выход пиролизного газа

Размер фракции	Влажность				
	4,62	4,65	4,67	4,7	4,72
1	0,032	0,03	0,029	0,028	0,025
2	0,03	0,029	0,028	0,026	0,023
3	0,03	0,03	0,028	0,024	0,021
4	0,031	0,03	0,028	0,025	0,023
5	0,034	0,03	0,028	0,026	0,024

В результате были обработаны в программе Microsoft Excel 2016 г. и получена следующая поверхность, на основании двух факторов – размеров фракции, влажности и параметра процесса в виде выхода пирогаза (рисунок 2).

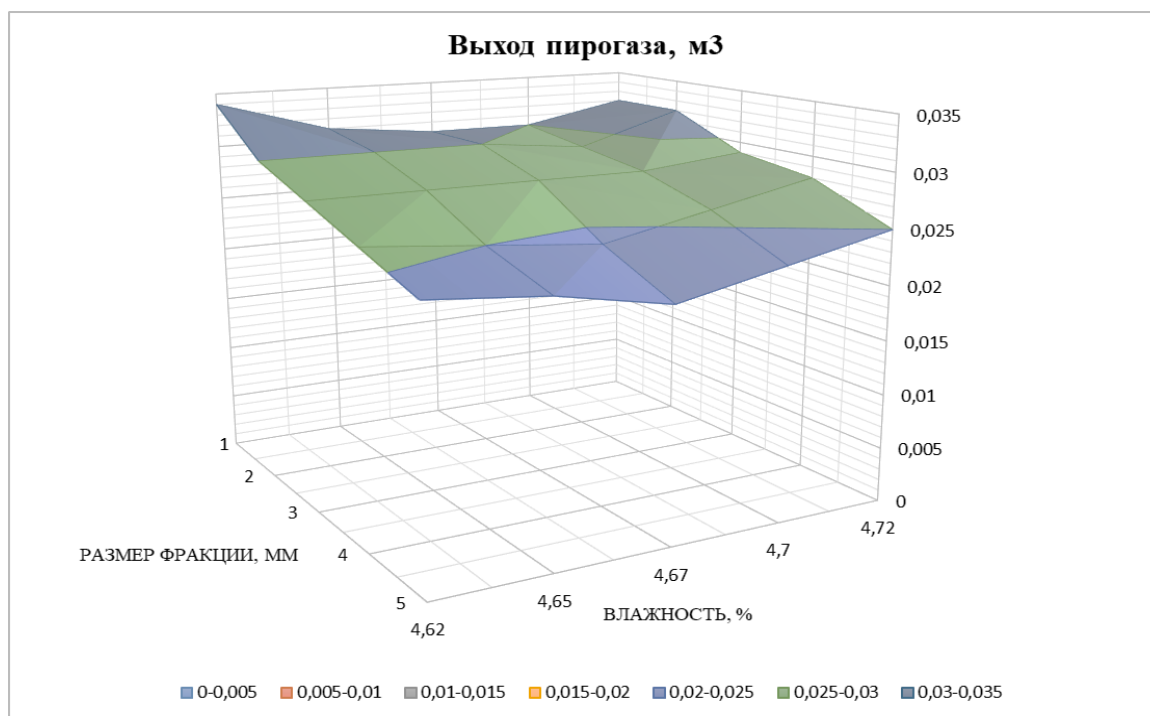


Рисунок 2 - Параметры выхода пиролизного газа



Практические эксперименты позволили определить параметры работы установки ГВА-1:

Из 1 кг опилок влажностью 4,6 – 4,7 % можно получить 0,027 м<sup>3</sup> пирогаза (или 27л) за 0,5 ч работы установки ГВА-1;

Стандартный баллон в 50м<sup>3</sup> можно заполнить пирогазом за 1ч работы ГВА-1 при утилизации 2 кг опилок.

### Заключение

Таким образом, из 2 кг опилок в среднем можно получать от 0,5-0,6 куб.м. пирогаза. Из 0,57 куб.м пирогаза можно получить 5,7 кВт\*ч электроэнергии. Следовательно, с учетом стоимости 1 кВт\*ч в 5 руб, стоимость 1 кВт ч пиролизного электричества составит 14,25 руб. Автономная электрическая станция в среднем стоит – 446 955 руб.

Стоимость электроэнергии следующая: ГВА-1 потребляет за 1 час работы 3 кВт. За один полный цикл работы установка потребляет 6 кВт. Стоимость 1-го кВт в Нюрбе равна 5 руб. Тогда, за 6 кВт израсходуется около 30 руб. С учетом этого, стоимость 1 кВт пиролизной электроэнергии составит 14,5 руб.

Баллон в 50л. содержит 10 куб.м газа. Для получения этого объема пирогаза необходимо утилизировать 35 кг древесных опилок. Соответственно, пиролизная установка ГВА-1 должна запускаться 18 раз. На одном баллоне в 50л генератор бесперебойно будет работать более 8 ч.

### Список источников

1. Визитная карточка Нюрбинского района (стр. 1 ) | Авторская платформа Pandia.ru
2. Глушков, В.А. Разработка и исследование автоматизированной установки пиролиза растительного сырья с целью повышения выхода топливного газа: дис. к-та техн. наук : 05.13.01 / В.А. Глушков . – Ижевск, ИжГТУ, 2006. – 113 с.
3. Новая ЛЭП повысит надежность электроснабжения Западной Якутии (rushydro.ru)
4. Новую линию электропередачи «Сунтар — Нюрба» построят в западной Якутии — Информационный портал Ук24/Як24
5. Новую линию электропередачи «Сунтар — Нюрба» построят в западной Якутии — Информационный портал Ук24/Як24
6. Пиролизная технология - перспективный способ утилизации твёрдого высушенного навоза / А. В. Спиридонова, В. П. Друзьянова, О. М. Осмонов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – № 1(61). – С. 143-150. – DOI 10.24412/1999-6837-2022-1-143-150. – EDN QTNYBM.
7. Пиролизная технология - перспективный способ утилизации твёрдого высушенного навоза / А. В. Спиридонова, В. П. Друзьянова, О. М. Осмонов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. – 2022. – № 1(61). – С. 143-150. – DOI 10.24412/1999-6837-2022-1-143-150. – EDN QTNYBM.
8. Причиной аварии в Нюрбинском районе стали прогнившие опоры ЛЭП (1sn.ru) Друзьянова, В. П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Друзьянова Варвара Петровна. – Улан-Удэ, 2015. – 22 с. – EDN ZPXAKV.
9. Рожина, М. Я. Оборудование для переработки вторичного сырья / М. Я. Рожина, А. В. Спиридонова, В. П. Друзьянова // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 11. – С. 88-90. – EDN PMFUNJ.
10. Савватеева, И. А. Электроэнергия из биогаза / И. А. Савватеева, В. П. Друзьянова // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2020. – № 34. – С. 27-37. – EDN WWUGEE.

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ

Пурбо Ламажапович Абидуев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Россия, Улан-Удэ

<sup>1</sup>apl087@yandex.ru

**Аннотация.** Рассматривается задача проектирования и прокладка каналов и трубопроводов при построении деривационных сооружений. Наиболее часто встречающимися на практике и требующие очень тщательного и внимательного подхода к оптимальному проектированию являются подводные каналы и трубопроводы. Задача состоит в том, что трассировать трубопроводы нужно по кратчайшему направлению к объекту, т.е. выбрать оптимальные пути их прокладки. Задача сводится к решению классической задачи нелинейного программирования. Рассмотрена практическая задача, когда трасса представляет собой замкнутый треугольник. Выявлено, что для оптимальной прокладки трубопроводов стороны треугольника должны являться внешними биссектрисами проложенных трубопроводов.

**Ключевые слова:** Оптимальные пути каналов и теплопроводов, деривационные сооружения, трассировка трубопроводов, нелинейное программирование, ограничения, целевая функция задачи.

## SELECTION OF OPTIMUM PIPELINE ROUTES

Purbo L. Abiduev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Buryat State Academy of Agriculture named after V.Philippov, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup>apl087@yandex.ru

**Abstract.** The problem of designing and laying channels and pipelines in the construction of diversion structures is considered. The most common in practice and requiring a very careful and careful approach to optimal design are supply channels and pipelines. The task is to route pipelines in the shortest direction to the object, i.e. choose the best ways to lay them. The problem is reduced to solving a classical non-linear programming problem. One practical problem is considered when the track is a closed triangle. It was revealed that for optimal laying of pipelines, the sides of the triangle should be the outer bisectors of the laid pipelines.

**Keywords:** Optimal paths of channels and heat pipelines, diversion structures, pipeline routing, nonlinear programming, constraints, objective function of the problem.

**Введение.** Проектирование и прокладка каналов и трубопроводов относятся к числу наиболее распространенных задач при построении деривационных сооружений и представляют собой одну из важнейших практических задач.

По классификации деривационных сооружений каналы и трубопроводы различаются, в свою очередь, по своему назначению на подводные (транспортируемые к объекту) и отводящие от объекта.

Наиболее часто встречающимися на практике и требующие очень тщательного и внимательного подхода к оптимальному проектированию являются подводные каналы и трубопроводы [1, 2].

Проектирование и построение подобных деривационных сооружений начинается с того, что предварительно производится трассировка трубопроводов или выбор места

прокладки трубопроводов. Таким образом, задача состоит в том, что трассировать трубопроводы нужно по кратчайшему направлению к объекту [3].

Отступление от этого требования могут диктоваться только топографическими и геологическими условиями местности, которые как правило, приводят к увеличению длины и удорожанию стоимости.

В большинстве случаев на практике для трассировки трубопроводов используют чертежную программу Auto Cad.

**Условия и методы.** Поскольку в условии задачи значится выбор кратчайшего пути, постараемся эту задачу на очень простом примере решить с помощью методов оптимального управления и показать, что малейшее отклонение от него приводит к увеличению длины пути.

В работе рассматривается один узкий класс практических задач, которую можно сформулировать следующим образом. Пусть заданы три замкнутые трассы, которые проложены по сторонам некоторого треугольника, углы которого, предварительно будем считать острыми. Смысл того, что треугольник должен быть обязательно остроугольным, покажем чуть ниже. Случай, когда один из углов прямой или тупой, рассмотрим позже. Итак, необходимо произвести трассировку этих трубопроводов, т.е. соединить эти заданные трассы  $OB$ ,  $AB$ ,  $OA$  кратчайшим замкнутым трубопроводом.

Таким образом, будем считать, что задан треугольник  $OAB$  (рис.1), все углы которого острые.

Т.е., координаты точек  $O$ ,  $A$ ,  $B$  известны, поскольку эта заданная трасса с известным маршрутом. Необходимо эти трассы соединить замкнутым трубопроводом  $CDE$ , чтобы общая длина трубопровода  $CDE$  была наименьшей. Т.е., надо найти координаты точек  $D$ ,  $E$ ,  $C$  через известные координаты точек  $O$ ,  $A$ ,  $B$  так, чтобы путь был наименьшим. Здесь – известные значения.  $D$ ,  $E$ . Пусть  $O(0,0)$ ,  $A(x_A, 0)$ ,  $B(x_B, y_B)$ . Здесь  $x_A, x_B, y_B$  – известные значения.  $D(x_1, y_1)$ ,  $E(x_2, y_2)$ ,  $C(x_3, 0)$ . Требуется найти  $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3$ .

Минимизируется следующий функционал:

$$F(x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3) = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} + \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} + \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2} \quad (1)$$

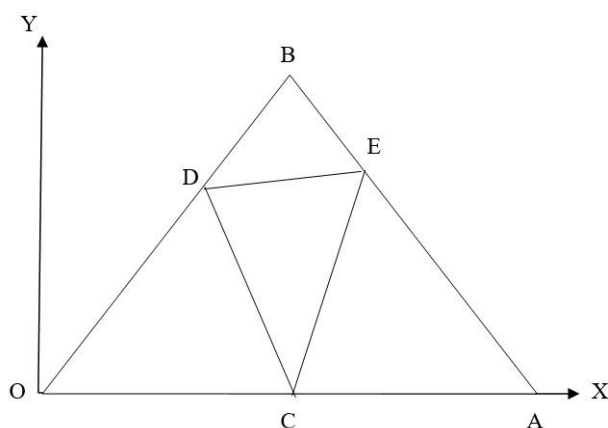


Рисунок 1- заданные параметры

Таким образом, задача сводится к классической задаче нелинейного программирования с известными ограничениями [4,5,6].

Найти , такие, что:

Таким образом, задача сводится к классической задаче нелинейного программирования с известными ограничениями [4,5,6].

Найти  $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3$  такие, что:

$$F(x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3) \rightarrow \min$$

При ограничениях:

$$\begin{aligned} (x_1 - x_B)y_B &= (y_1 - y_B)x_B \\ (x_2 - x_B)(y_A - y_B) &= (y_2 - y_B)(x_A - x_B) \\ (x_3 - x_A)y_A &= (y_3 - y_A)x_A \end{aligned} \quad (2)$$

Используя ограничения (2), формулу (1) приведем к виду:

$$\begin{aligned} F(x_1, x_2, x_3) &= \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + x_1^2 \frac{y_B^2}{x_B^2}} + \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + \left(y_B \frac{x_A - x_2}{x_A - x_B} - x_1 \frac{y_B}{x_B}\right)^2} \\ &+ \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + y_B^2 \frac{(x_A - x_2)^2}{(x_A - x_B)^2}} \end{aligned} \quad (3)$$

Будем искать минимум этой целевой функции. Для этого приравняем нулю все частные производные этой функции по переменным  $x_1, x_2, x_3$ . Т.е.:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = \frac{\partial F}{\partial x_2} = \frac{\partial F}{\partial x_3} = 0$$

И также выясняем, что в критических точках имеет место *min*. И после этого получаем систему из трех уравнений относительно  $x_1, x_2, x_3$ , решение которой выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{x_B^2 x_A}{x_B^2 + y_B^2}, y_1 = \frac{x_A x_B y_B}{x_B^2 + y_B^2} \\ x_2 &= \frac{y_B^2 x_A}{(x_A - x_B)^2 + y_B^2}, y_2 = \frac{y_B^2 x_A}{(x_A - x_B)^2 + y_B^2} \frac{x_A - x_B}{y_B} \\ x_3 &= x_B, y_3 = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

И общая длина трубопроводов определяется формулой (3).

Т.е., мы получили координаты точек D, E, C. И это означает, что мы соединили трассы OA, OB и AB кратчайшим трубопроводом CDE. И можем также найти минимальное значение длины замкнутого трубопровода.

Всякое отступление от пути CDE дает большее расстояние и приводит к удорожанию стоимости трассы.

Анализ полученного решения выявил один весьма любопытный факт. Оказалось, что найденные точки D, E, C являются основаниями высот, опущенных из соответствующих вершин треугольника OAB. Действительно, условием перпендикулярности двух прямых с угловыми коэффициентами  $k_1$  и  $k_2$  является условие  $1 + k_1 k_2 = 0$ .

Например, для прямых OB и OD:  $k_{OB} = \frac{y_B}{x_B}$ ,  $k_{AD} = -\frac{y_1}{x_A - x_1} = -\frac{x_B}{y_B}$ . Тогда, действительно  $1 + k_{OB} k_{AD} = 0$ . Также можно показать ортогональность прямых OE и AB, OA и BC.

Далее, из формул элементарной геометрии вытекает, что сторона  $OB$  является внешней биссектрисой угла  $EDC$ , т.е. угол, образованный продолжением прямой  $CD$  и прямой  $DB$  равен углу  $BDE$ . Аналогично, стороны  $OA$  и  $AB$  являются внешними биссектрисами углов  $DCE$  и  $DEC$ .

В случае, когда треугольник  $ABC$  прямоугольный, кратчайшая трасса превращается в высоту, опущенную из вершины прямого угла, т.е. произвести трассировку замкнутым трубопроводом указанным выше оптимальным способом не удастся.

Для случая, когда треугольник  $ABC$  имеет тупой угол, проведенная высота из одной из вершин окажется вне заданного треугольника, т.е. произвести трассировку оптимальным способом является невозможным.

Таким образом, если стороны треугольника являются внешними биссектрисами проведенных трубопроводов, то эта трасса является самой оптимальной. И это справедливо только для трасс, имеющих форму треугольника с острыми углами.

**Заключение.** Таким образом, при использовании методов классического нелинейного программирования получено решение одной практической задачи трассировки трубопроводов, когда замкнутая трасса выполнена в виде треугольника. Выявлено, что в этом случае для оптимальной прокладки трубопроводов, стороны треугольника должны являться внешними биссектрисами проложенных трубопроводов.

#### Список источников

1. Бляшко Я.И. Большие возможности малой гидроэнергетики // Гидротехника XXI век. 2012. №1 (8). С.45-50.
2. Лавров Н.П., Логинов Г.И. Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования. – Бишкек: КРСУ, 2008. – 112 с
3. Чертоусов М.Д. Гидравлика. Специальный курс. Госэнергоиздат.1962.
4. Орехова Р.А, Математическое программирование : учебное пособие / Р. А. Орехова, В. П. Дармахаев, А. Е. Бордоева. - Иркутск : Издательство Иркутского университета, 1992. - 296 с.
5. Сулейманов В.А. Особенности газовой гидравлики в трубопроводах с внутренним гладкостным покрытием // Газовая промышленность. 2014. №11 (714). С.91-94.
6. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Приближенный метод оптимизации задач нелинейного программирования. //Прикладная математика и вопросы управления. 2022. №4. с.9-25.

УДК 621.002  
539.3  
539.4

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛОВ ДВУХ СРЕД МОДЕЛИРОВАНИЯ ANSYS и FIDESYS

Константин Константинович Бахрунов<sup>1</sup>, Мунко Базарович Балданов<sup>2</sup>, Людмила Павловна Шкедова<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, Улан-Удэ, Россия

<sup>1</sup>bkk1975@mail.ru

***Аннотация.** Представлен анализ существующих программных сред для численного моделирования. Приводятся обзор существующих программ для решения различных мультифизических задач механики, физике и технике так и смежных задач в машиностроении, электронике, сельском хозяйстве, авиакосмической технике и в других областях науки и техники. Представлен кратко возможности достоинства и недостатки данных сред. Показаны краткие возможности и примеров расчетов: расчеты полей температур, тепловые деформации и напряжения, возникающие в материале изделия.*

**Ключевые слова:** численное моделирование, инженерный анализ, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FUNCTIONALS OF TWO MODELING ENVIRONMENTS ANSYS and FIDESYS

Konstantin K. Bohrunov <sup>1</sup>, Munko B. Baldanov <sup>2</sup>, Lyudmila P. Shkedova <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov, Ulan-Ude, Russia

<sup>1</sup>bkk1975@mail.ru

***Abstract.** The analysis of existing software environments for numerical modeling is presented. An overview of existing programs for solving various multiphysical problems of mechanics, physics and engineering and related problems in mechanical engineering, electronics, agriculture, aerospace engineering and other fields of science and technology is given. The possibilities advantages and disadvantages of these environments are briefly presented. Brief possibilities and examples of calculations are shown: calculations of temperature fields, thermal deformations and stresses arising in the product material.*

**Keywords:** numerical modeling, engineering analysis, finite element method, stress-strain state

**Введение.** В связи с импортозамещением зарубежного ПО, приостановившие свою работу в России в настоящее время остро стоит переход российского образования на отечественный софт ПО и в настоящее время вопрос остаётся открытым. Многие вузы проводят работу по переходу на отечественный софт, в частности, завершается переход с распространённой операционной системы WINDOWS на ОС LINUX.

В настоящее время использование ПО становится для многих вузов роскошью, так как это связано либо с дороговизной, либо со определенной сложностью в первую очередь это связано с требованием высокой квалификации к пользователю данного ПО.

**Условия и методы.** Предлагаемая работа посвящена анализу существующих программных комплексов численного моделирования. В настоящее время применение современных отечественных средств систем автоматизированного инженерного анализа (CAE) является актуальным направлением эффективных способов оценки прочности, надежности, прогнозирования долговечности и оптимизации конструкции и технологических процессов их производства. На сегодняшний день к таким программам можно отнести программы: ANSYS, COMSOL, FIDESYS, ABAQUS, ANDY'S, CADFLO, QForm и др. Многие из указанных программ являются отечественными разработками в CAE и CAD системах, например, программы FIDESYS, CADFLO, AMP, QForm [1-6].

Данные программы являются лидерами в своем сегменте и позволяют решать широкий круг научных и производственных задач в различных технических отраслях знаний – это строительство, сельское хозяйство, приборостроение, машиностроение, самолетостроение, ракетостроение и другие области, где решаются вопросы механического поведения реальных твердых тел [7-11].

Первоначально программы были созданы для области физики – это механика деформированного твердого тела для решения вопросов поведения материалов, как сплошная среда при непосредственном взаимодействии с внешней средой, например, давление воздуха, механическое нагружение, электрические и магнитные поля, а также воздействие радиоактивного излучения.

Основная цель применения отечественного софта программы численного моделирования FIDESYS и ее возможности в сравнении с программой ANSYS для решения задач механики, теплообмена, электродинамики, теплоэнергетики и смежных областей.

Основные задачи, которые позволяет решать данные программные комплексы.

1. Являются элементами искусственного интеллекта и позволяют ускорить внедрение инноваций.
2. Кроссплатформенность, высокопроизводительные решения, запуск передовых проектов.
3. Решения для цифровых двойников.
4. Позволяет разрабатывать высококачественные изделия и ускоряет выход продукта на рынок.

Основные вышеперечисленные программы численного моделирования отличает как достоинства, так и недостатки присущие тем или иным продуктам.

#### **Достоинства**

- Мощный функционал, решает сложные и связанные задачи.
- выводит на качественно новый конкурентный уровень автоматизации и компьютерного проектирования.
- относится к элементам искусственного интеллекта.
- повышает качество и оптимизирует производственно-технологические процессы изготовления изделия.

#### **Недостатки**

- Сложный пользовательский интерфейс, сильная нагрузка на вычислительные ресурсы компьютерных систем, дорогие в приобретении.
- Требование к знаниям английского языка, так как интерфейс ПО англоязычный.
- Необходимы требования по базовым знаниям в области математического анализа, сопротивления материалов, физики твёрдого тела, теории пластичности, термодинамике и квантовой физике и возможно других разделов.



- понимание численных методов и виды численных расчета задач.

Рассмотрим кратко наиболее применяемые программы численного моделирования.

### 1. Программа численного моделирования ANSYS.

Программа ANSYS относится к лидерам в данном сегменте конечно-элементного анализа в области решения задач механики численными методами и претерпело достаточно существенные изменения, начиная с 1970 гг., в частности расширился, появился и претерпел усовершенствованный модуль проектирования SpaceClaim.

Представлена несколькими модулями приложения наиболее популярные приложения: ANSYS Mechanical, ANSYS nCode, Ansys CFD (fluent) и другие. В качестве примеров приведены некоторые расчеты на рис. 1,2.

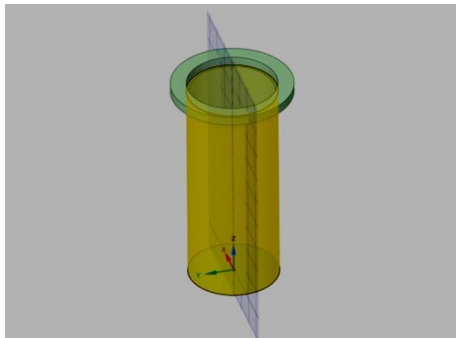


Рисунок 1 – Построение модели напряжений нагревательного устройства (муфеля)

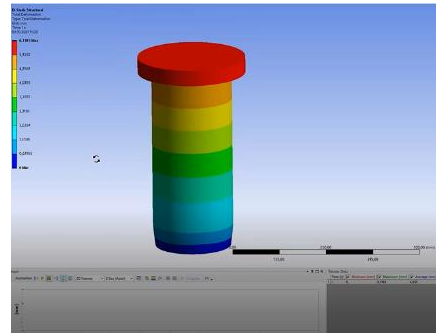


Рисунок 2 – Результаты расчета поля напряжений циркуляционной установки [12]

Программа Ansys решает широкий спектр практических задач в различных областях физики, химии, геофизике, в частности при решении задач усталости, уметь место при работе деталей машин и механизмов требуется модуль приложения Ansys N-Code. При наличии в моделях дефектов, трещин, пор, решается задача физики область механики разрушения. Общая схема при решении таких задач, представлено на рис. 3.



Рисунок 3 – Общий вид окна разработки и этапы задания построения модели, условий нагружения и физических свойств

### 2. Программа численного моделирования FIDESYS.

Программа FIDESYS - это программа, представленная российскими разработчиками основанная в 2009 г. командой разработчиков и сотрудников каф. Вычислительная механика МГУ им. М.В. Ломоносова. Отечественная CAE - система, представлена широким спектром

задач и решает круг задач в линейной статической и динамической постановке задач прочности, расчета собственных колебаний и форм колебаний для 2D и 3D-моделей. Представлена несколькими модулями приложения Fidesys Nonlinear, Fidesys Dynamics, Fidesys Composite и другие. Примеры расчетов приводятся в работах [2,3,4].

В настоящее время для вузов России идет льготная подписка и программа поставляется с привлекательной программой покупкой и ценой сразу 5 коммерческих версий (КВ) в придачу 25 учебных версий для вузов вместо предлагаемой 1 КМ для организаций и предприятий стоимость которой превышает 1,5 - 2 раза.

В поставку входит все указанные приложения плюс модуль разгона Fidesys HPC для ускорения и распараллеливания вычислений для многоядерных современных архитектурах, что позволяет добиться ускорений расчетов до 30 и более раз в сравнение с расчётами на центральных процессорах. На рис. 4 и 5 представлена цепочка CAE Fidesys системы в цепочке аддитивного производства и ее возможности соответственно.

Далее на рис.3 представлены результаты расчетов болтового преднатяга и их сравнение в различных средах моделирования FIDESYS и ANSYS.

Ознакомиться с некоторыми расчетами, применяемыми в различных областях техники показаны в работах [12, 14].



Рисунок 4- Место FIDESYS в цепочке аддитивного производства [13]



Рисунок 5- Различные области применения программы FIDESYS [13]



## Расчет преднатяга болтового соединения

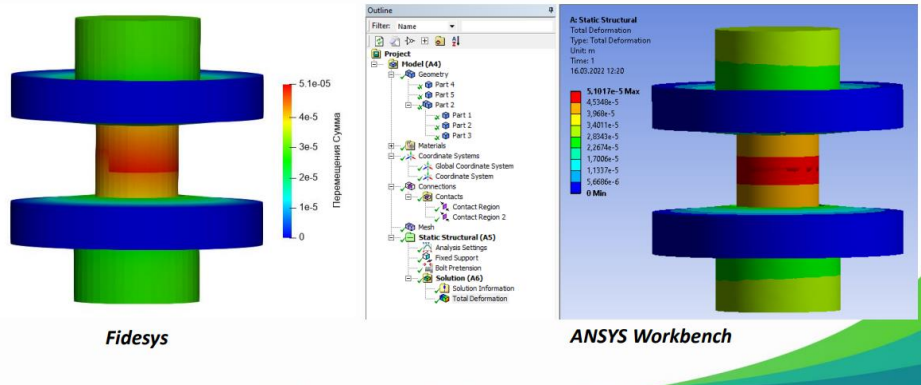


Рисунок 6- Сравнительный анализ программ расчета для FIDESYS и ANSYS [13]

### Заключение.

1. В связи со сложившейся ситуацией импортозамещения применение указанных программ моделирования и проектирования в учебной и научной работе приводит к владению компетенций выпускника на конкурентный и востребованный уровень в области профессиональных компетенций и увеличивает шансы на трудоустройство, а также готовит себя морально к работе в условиях, когда использовать зарубежное ПО становится невозможно.

2. Сравнительный анализ ПО показывает вполне допустимые примерно одинаковые пределы расчётов, точность определяется для каждого конкретного условия моделирования.

3. На примере болтового соединения точность расчетов в наиболее максимальном напряженно-деформированном состоянии (НДС) в программе ANSYS равна  $5,1017 \cdot 10^{-2}$  мм, в программе FIDESYS составляет  $5,1 \cdot 10^{-2}$  мм, полученные значения решения колеблются в пределах 99,3-99,8 %.

### Список источников

1. Морозов Е.М. Музейник А.Ю. Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. – М.: Ленанд, 2008. – 456 с.

2. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Я. В. Кураева – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – часть II. – 149 с.

3. Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство, Изд-во Либроком, 2015. –272 с.

4. T. Ellinghausen. The revolution of simulation software development, Forging Magazine July/August 2013 (2013) p. 16-18.

5. Крючков А.Э. Дияров К.А., Сухарев К.В., Маликов П.В., Мальгин М.Г., Самигуллина Л.Г Черкашина Т.И. SIMULIA Abaqus Student Edition. Учебно-методическое пособие. Часть 1,2. – Москва: ТЕСИС, 2018. – 160 с.

7. Рыжов С.А., Ильин К.А., Тропкин С.Н., Нуштаев Д.В. Бородин А.К. и др. Электронное учебно-методическое пособие «SIMULIA Abaqus. Начало работы». ООО «ТЕСИС», 2021. – 286 с.

8. Зенкевич О, Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 316 с.

9. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. М.: Мир, 1982. 334с.

10. Christensen R.M., Lo K.H. Solutions for effective shear properties in three phase sphere and cylinder models // J. Mech. Phys. Solids. 1979. V. 27. P. 315-330.
11. Победря Б.Е. Механика композиционных материалов. – М.: Изд-во МГУ. 1984. 336с.
12. Бахрунов К.К. Основы теории упругости: Учеб. - метод. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2022. – 80 с.
13. Бахрунов К.К. Расчет величины допустимой деформации в муфеле циркуляционной установки на основе моделирования/ VIII Международная конф. «Проблемы механики современных машин»: сборник статей/ отв. ред. Л.А. Бохоева. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 4-9 июля 2022. с. 105-107.
14. <https://fidesys.plm-ural.ru/#func>. Вебинар. CAE FIDESYS: демонстрация возможностей на практических задачах. Сравнение результатов с ANSYS Mechanical.