

На правах рукописи



Анисимов Евсей Евсеевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ) ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ  
АВТОНОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ МЕЖСМЕННОЙ СТОЯНКИ**

Специальность 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Якутск - 2023

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова» (ФГАОУ ВО СВФУ им. М.К.Аммосова).

**Научный  
руководитель**

доктор технических наук, профессор  
**Друзьянова Варвара Петровна**

**Официальные  
оппоненты**

**Долгушин Алексей Александрович,**  
доктор технических наук, доцент, кафедра  
эксплуатации машинно-тракторного парка  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Новосибирский государственный  
аграрный университет», заведующий

**Орехов Алексей Александрович,**  
кандидат технических наук, доцент, кафедра  
«Технический сервис машин» федерального  
государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Пензенский  
государственный аграрный университет», доцент

**Ведущая организация**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Башкирский государственный  
аграрный университет»

Защита состоится «12» декабря 2023 года в 09:00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.013.03 на базе ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86, корпус 1, ауд. 115, телефон/факс 8-4162-99-51-79, e-mail: dis35201303@dalgau.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» по адресу: [www.dalgau.ru](http://www.dalgau.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Панова Елена Владимировна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время в АПК Республики Саха (Якутия) широкое распространение получает табунное коневодство. Как известно, якутские лошади круглый год находятся под открытым небом и потребляют подножный корм. Для увеличения поголовья лошадей и количества конебаз ведется работа по освоению дальних сельхозугодий. Большинство этих угодий не подключены к электросетям, а также к ним отсутствуют дороги. Для их освоения под конебазы необходимо внедрять автономные энергогенерирующие установки для создания оптимальных социально-бытовых условий, сооружать хозяйственно-производственные помещения для стоянки и хранения техники. Отсутствие дорог, толщина снега зимой и сезонные почвенные изменения в весенний и осенний периоды требуют обязательного применения колесных тракторов и другой вездеходной техники.

Надежный пуск, прогрев двигателя и тепловой эксплуатационный режим узлов и агрегатов техники при длительной стоянке в условиях низких температур могут быть обеспечены только в отапливаемых помещениях. Однако хранение техники в теплых гаражах – весьма дорогое мероприятие. В последнее время в северных регионах России и Республике Саха (Якутия) автолюбители для длительной стоянки массово используют так называемый «портативный гараж», сшитый под габаритный размер автомобиля из 2-3-х слойного теплоизоляционного материала. Таким образом, транспорт фактически находится на стоянке или хранении в безгаражных условиях. На наш взгляд, использование способа «портативный гараж» под межсезонную стоянку сельскохозяйственной техники (СХТ) даст возможность организовать доступное и относительно дешевое быстровозводимое помещение и позволит провести ремонтно-обслуживающие работы в оптимальных для здоровья человека условиях, повысит вероятность сохранения жизни, обеспечит заложенный заводом срок эксплуатации техники.

Поэтому работа, направленная на создание эффективных условий хранения техники в условиях низких температур путем обоснования и сооружения передвижного, быстровозводимого автономного модуля для межсезонной стоянки СХТ, является актуальной научной задачей.

**Степень разработанности темы.** Вопросам внедрения механизации в процесс разведения лошадей посвящены работы В.В. Калашникова, В.А. Пешехонова, С.А. Козлова, С.А. Зиновьевой, Н.Ю. Козловой, К.К. Арабяна, О.В. Поповой, М.И. Киборта, А.В. Хотова и др. Особенности табунного коневодства Якутии раскрыты в работах Н.Т. Винокурова, И.Н. Винокурова, М.Ф. Габышева и др. Проведенный анализ научной литературы по тематике исследования показал, что механизация при табунном коневодстве в условиях Якутии практически отсутствует из-за сложности природно-климатических условий и децентрализованности конебаз. Для повышения эффективности производства в конебазах необходима разработка технологии создания эффективных условий безгаражного хранения техники в период их межсезонной стоянки.

**Цель работы.** Повышение эффективности табунного коневодства путем применения новых методов и технических средств, обеспечивающих надежность использования колесных тракторов с разработкой автономного модуля для их межсезонной стоянки в децентрализованных конебазах Республики Саха (Якутия).

### **Задачи исследования:**

1. Определить основные факторы, воздействующие на эффективность использования энергетических средств с учетом тепловых процессов, протекающих при охлаждении двигателя автотракторной техники, укрытой защитным чехлом.
2. Обосновать необходимость улучшения условий эксплуатации энергосредств за счет использования автономного модуля для безгаражной стоянки.
3. Теоретически обосновать и провести технологический расчет работы автономного модуля для стоянки сельскохозяйственной техники, использующего мобильное теплообменно-вентиляционное устройство.
4. Провести экспериментальную проверку разработанных технологических и технических решений и дать экономическую оценку.
5. Разработать рекомендации по практическому применению способа межсменной стоянки энергетических средств в условиях децентрализованных конебаз.

**Научная новизна работы.** Получена математическая зависимость, позволяющая рассчитывать поголовье лошадей в зависимости от применения средств механизации подвоза и раздачи дополнительного корма животным в сложные природно-климатические периоды в условиях децентрализованных конебаз. Предложен новый численный метод на основе математической модели для описания тепловых процессов при охлаждении двигателя автотракторной техники, находящегося в автономном модуле.

Определены и обоснованы режимные параметры автономного модуля для стоянки сельскохозяйственной техники в условиях низких температур. Новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость предложенных математических выражений, программ и технических решений подтверждены патентами РФ на интеллектуальную собственность и программой для ЭВМ.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработаны и экспериментально проверены новые подходы, позволяющие повысить эффективность использования энергетических средств в децентрализованные конебазы Республики Саха (Якутия) с использованием автономного модуля для межсменной стоянки. Обосновано, что в предлагаемой модульной стоянке энергетических средств в системе отопления рационально применять альтернативный источник энергии в виде биогаза, получаемого по анаэробной технологии из конского навоза. Исследованы взаимодействующие факторы с учётом региональных особенностей и предложена модель в виде численного прогнозирования охлаждения картера двигателя на основе метода конечных элементов при использовании автономного модуля стоянки. Разработан автономный модуль для межсменной стоянки сельскохозяйственной техники, в системе отопления которого топливом является биогаз, альтернативный источник энергии, получаемый из конского навоза. Предложены рекомендации по комплектованию оборудования и устройств разработанной системы автономного модуля межсменной стоянки сельскохозяйственной техники для децентрализованных конебаз при использовании в зимних условиях.

Разработана программа для ЭВМ «Вычислительная библиотека для численного прогнозирования охлаждения картера двигателя» (подтверждена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2021669883).

Предложены технические решения по патентам: «Устройство для перевозки и хранения защитного чехла транспортного средства» (патент на полезную модель РФ: №185358), «Багажное устройство «Багаж-гараж» для перевозки и хранения защитного чехла транспортного средства (патент на полезную модель РФ: №181940), Переносное быстровозводимое устройство для установки тканевого защитного чехла транспортного средства (патент на полезную модель РФ: №213048).

**Методология и методы исследований.** Теоретические исследования проведены с применением современных методов поиска, анализа и обработки информации. В исследовательской деятельности использован математический аппарат метода конечных элементов, дифференциального и интегрального исчисления. Эксперименты проводились в зимнее время в условиях Республики Саха (Якутия). Полученные результаты подвергнуты обработке в соответствии с современными методами теории вероятностей, математической статистики и перспективного планирования экспериментальных исследований с применением специализированных программ FEniCS, Eksis VisualLAB, iBDL\_R, iBDL\_MG.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Аналитические зависимости эффективности содержания лошадей от степени механизации подвоза, расстояния завоза корма, поголовья лошадей и раздачи дополнительного корма животным в холодный период.
2. Математическая модель, описывающая тепловые процессы, протекающие при охлаждении двигателя автотракторной техники, укрытой защитным чехлом.
3. Численный метод прогнозирования на основе математической модели, описывающей тепловые процессы, протекающие при охлаждении двигателя автотракторной техники, находящегося в автономном модуле стоянки.
4. Параметры, конструкции и технологические характеристики автономного модуля для межсменной стоянки автотракторной техники в условиях зимнего периода Якутии.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность полученных данных подтверждается сходимостью теоретических обоснований и экспериментальных показателей, находящихся в рамках доверительных интервалов.

Материалы исследований докладывались, обсуждались и получили одобрение на Международной научно-практической конференции «Транспортные системы Сибири. Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства» г. Красноярск, 2016 г., на Всероссийском форуме «Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера», г. Якутск, 2018 г., на 110-ой Международной научно-технической конференции «Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации», г. Иркутск, 2021 г., на Всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития», г. Благовещенск, 2022 г., на Национальной научно-практической конференции «Образование и наука» посвященной 60-летию ВСГУТУ, г. Улан-Удэ, 2022 г., на Международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии», г. Иркутск 2022 г., на Всероссийской научно-практической конференции «Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития», г. Благовещенск, 2023 г.

В перечень основных научных трудов, опубликованных по теме диссертации, включено 18 работ, в том числе 1 статья в издании, индексируемом в международной цитатно-аналитической базе Scopus, 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, 1 патент на изобретение, 4 патента на полезную модель и 1 свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, основной части из 5 глав, заключения, списка литературы, состоящего из 148 наименований, из них 8 на иностранном языке и приложения. Общий объем работы составляет 137 с., содержит 12 таблиц, 48 рисунков.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, степень её разработанности и представлены основные положения, выносимые на защиту, дана её краткая характеристика, определены цель и задачи исследований, описана научная новизна и практическая ценность работы.

**В первой главе** рассмотрены особенности коневодства в Республике Саха (Якутия); факторы, влияющие на эффективность табунного коневодства; дана краткая характеристика инфраструктуре коневодческих баз (конебаз); произведен обзор способов использования биогаза; обоснована эффективность применения альтернативного топлива на конебазах в условиях Якутии.

По данным департамента животноводства, племенного дела, кооперации и малых форм хозяйствования министерства сельского хозяйства Республики Саха (Якутия), по состоянию на начало 2022 года насчитывается всего 579 коневодческих хозяйств, в том числе 188 сельскохозяйственных объединений, 388 крестьянско-фермерских хозяйств и 3 личных подсобных хозяйства.

Для организации конебаз, согласно требованиям мер государственной поддержки, хозяйство должно содержать от 50 голов и более. Также должен иметься земельный участок под сельхозугодье и т.п. На сегодняшний день под конебазы освоено только около 35% угодий региона. Более 65% пастбищ находятся в децентрализованных угодьях, поэтому в данное время не используются.

Проблему отсутствия электросетей можно решить путем применения и внедрения автономных энергогенерирующие устройств на основе биоэнергетических установок (БЭУ). В БЭУ свежий конский навоз перерабатывается анаэробным сбраживанием, превращается в качественное удобрение с образованием биогаза – альтернативного источника энергии. Биогаз можно сжигать в котлах отопления, использовать при приготовлении кормов и пищи, применять в качестве моторного топлива и преобразовывать через генераторы в тепло или электрическую энергию. Рассмотрены применяемые в настоящее время за рубежом и России БЭУ по анаэробному сбраживанию навоза скота. Выявлено, что исключается возможность применения этих технологий в природно-климатических и сложившихся условиях ведения производства в аграрном секторе Якутии, так как они рассчитаны для применения в крупных животноводческих хозяйствах, дороги по стоимости и работают в мезофильном режиме – соответственно, требуют подключения к центральным сетям. Для внедрения и эффективной эксплуатации в местностях с недостаточно развитой инфраструктурой и отсутствием централизованного электроснабжения, на наш взгляд, наиболее подходит психрофильная технология, разработанная якутскими учеными.

В конском навозе сухого органического вещества содержится 25-20%. В. Дубровский, У. Виестур установили, что с 1 кг конского навоза можно получать 0,112–0,168 м<sup>3</sup> биогаза (в среднем 0,14 м<sup>3</sup>) с содержанием метана 31,36–33,6 %. Известно, что 1 лошадь в сутки образует в среднем 20 кг навоза, из которого можно получать 2,8 м<sup>3</sup> биогаза. В Якутии на конец 2021 года имелась 181 тыс. гол лошадей. С учетом того, что ежегодно от одной головы лошади образуется в среднем 7000 кг навоза, то 181 тыс. лошадей производят 1 267 000 т навоза с потенциалом от 141 904 000 м<sup>3</sup> до 212 856 000 м<sup>3</sup> биогаза (в среднем 177 380 000 м<sup>3</sup>). В настоящее время в АПК региона только около 10% конского навоза применяется в качестве удобрения, а биогазовый потенциал не используется и не берется во внимание.

Психрофильная накопительная технология отличается тем, что устойчиво работает при температуре скотопомещения (при 10-12 °С), не требует подключения допол-

нительной энергии извне. Метантенк используется объемом от 0,7 м<sup>3</sup> до 1 м<sup>3</sup>. Производительность одного метантенка в среднем 0,3 м<sup>3</sup> биогаза в час. Однако при работе установки в летнее время производительность увеличивается до 2,6 м<sup>3</sup>. Поэтому в летние три месяца можно накопить в баллонах необходимый для отопления объем биогаза.

Влияние эксплуатационных факторов – природно-климатические условия, качество дорог, технические и технологические условия обслуживания и ремонта техники, в зоне холодного климата – имеют огромное воздействие на эффективность работы трактора. По данной теме изучены работы Г.С. Лосавио, Е.Г. Рылякина, П.А. Власова, С.В. Корнеева, В.А. Тюлькина, А.П. Сырбакова, А.А. Долгушина, Д.А. Домнышева, С.А. Эртмана, В.В. Ана, А.В. Неговоры, М.М. Разяпова, А.А. Орехова, М.Б. Хаскельберг, С.В. Щитова, Е.Е. Кузнецова, З.Ф. Кривуца, А.В. Кучера и др.

В системе отопления гаражей широкое применение получили инфракрасные газовые горелки. Поскольку биогаз и природный газ схожи по своей природе, то увеличив жиклер при входе в горелку, можно сжигать биогаз. Это было обосновано в работах В.П. Друзьяновой, А.М. Бондаренко. Большой вклад в исследование работы и разработку горелок с инфракрасными излучателями внесли Д.Я. Вигдорчик, А.И. Богомолов, О.Н. Брюханов, Б.С. Ициксон, А.М. Левин, М.Б. Равич, А.К. Родин, Г.Н. Северинец и др. В качестве теплоотдающего устройства предлагается использовать газовую горелку, марки ГИИ–3,65 с расходом природного газа 0,094 м<sup>3</sup>/час. Горелка за сутки потребляет 2,3 куб. м газа.

При эквиваленте биогаза природному газу в соотношении 1:0,6, для бесперебойной работы горелки необходимо 3,8 м<sup>3</sup> биогаза в сутки.

В 50-литровый баллон под давлением 20 Мпа загружается 9 м<sup>3</sup> биогаза. Следовательно, 1 баллона будет хватать на 2 суток. Соответственно, на 240 суток фермеру необходимо 120 50-литровых баллона с топливом, что соответствует 1 300 м<sup>3</sup> биогаза.

На основании вышеприведенных расчетов можно подсчитать, что из навоза 50 гол. лошадей за лето (90 дней) с 1-го метантенка объемом в 1 куб. можно накопить до 234 куб. биогаза, что равно 26 баллонам в 50 л. Соответственно, 120 баллонов биогаза можно получить из 5 метантенков.

**Во второй главе** проведено математическое описание процесса табунного коневодства с учетом своевременной механизации подвоза и раздачи дополнительного корма лошадям. В условиях нашего региона на удержание имеющегося поголовья табуна и увеличение его поголовья оказывают влияние: во-первых, площадь пастбища с его урожайностью,  $S_{yr}$ ; во вторых – своевременность подачи животным доли дополнительного корма,  $d_1$ .

$$L = S_{yr} \times d_1 \quad (1)$$

где  $S_{yr}$  – площадь угодий, га;  $d_1$  – доля дополнительного корма,  $\frac{\text{гол.}}{\text{га}}$ .

Известно, что площадь угодий ( $S_{yr}$ ), га, зависит от количества поголовья и нормативного значения пастбищного угодья на 1 голову.

$$S_{yr} = N \times n, \quad (2)$$

где,  $N$  – количество лошадей, гол.;  $n$  – коэффициент нормативного значения пастбищного угодья на 1 гол. ( $n=1,5$  га/гол., а в условиях Якутии от 15-20 га/гол.).

При нахождении на подножном корме сохранность поголовья лошадей в значительной мере зависит от своевременности подачи дополнительного прикорма –  $V_k$ , кг.

$$V_k = f(t_{\text{окр.}}; w; d_1), \quad (3)$$

где  $t_{\text{окр.}}$  – температура окружающего воздуха, °C;  $w$  – изменения снежного покрова;  $d_1$  – доля дополнительного корма,  $\frac{\text{гол.}}{\text{га}}$ .

В качестве дополнительного корма применяется сено. По нормативному значению требуется в среднем от 1,8–2,8 кормовых единиц на 100 кг живой массы лошади. В показателе объема дополнительного корма (3) температура окружающего воздуха и изменения снежного покрова – неуправляемые факторы, которые являются производными от резко-континентального климата региона. Наиболее значимым фактором при определении своевременности подачи кормов, на наш взгляд, является требуемая доля дополнительного корма,  $d_1$ . Стоги сена, как правило, располагаются в дальних и укромных местах угодий. На подкормку животным необходима достаточно значимая масса сена  $M_c$  и ускорить ее доставку можно, только применив трактор с прицепом. Соответственно, на долю дополнительного корма  $d_1$  влияют расстояние от места хранения сена до места его раздачи,  $l$ , км; марка грузового транспорта, который расходует топливо на подвозку корма,  $\omega$ , л/км.

$$D_1 = \frac{0,84 M_c}{l \times \omega \times p}, \quad (4)$$

где  $M_c$  – масса сена, кг;  $l$  – расстояние от места хранения сена до места его раздачи, км;  $\omega$  – расход топлива, л/км;  $p$  – площадь угодий, га.

С учетом формулы (4) эффективность табунного коневодства при механизации подвоза и раздачи дополнительного корма можно спрогнозировать по следующей математической зависимости.

$$L = S_{\text{уг}} \cdot \frac{0,84 M_c}{l \cdot \omega \cdot p}. \quad (5)$$

Из зависимости (5) можно составить вывод, что основное воздействие на эффективность табунного коневодства оказывает фактор  $l$  – расстояние от места хранения сена до места его раздачи, км.

С учетом вышесказанного, процесс механизации табунного коневодства можно показать следующей схемой (рис.1)



Рисунок 1 – Схема процесса механизации работ на конебазах



Основным видом техники, обеспечивающим механизацию процессов на конебазах, является и остается колесный трактор тягового класса 1,4 марки МТЗ-82 – маневренный и надежный, обладающий оптимальными скоростными характеристиками. Применение этих тракторов устранил следующие существенные проблемы, сдерживающие развитие коневодства в республике – отсутствие дорог и падеж лошадей, освоение труднодоступных сельхозугодий. Улучшится транспортная доступность коневодов, и повысится вероятность увеличения поголовья лошадей.

Как отмечалось выше, на конебазах острой проблемой является строительство гаражей. Мы предлагаем использовать принцип «портативных гаражей» и соорудить мобильный автономный модуль для межсезонной стоянки СХТ (АММСС) (рис.2).

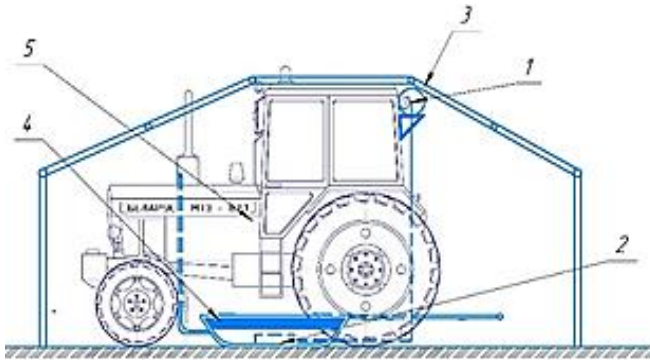


Рисунок 2 – Принципиальная схема предлагаемого пилотного автономного модуля для межсезонной стоянки СХТ: 1 – баллон с биогазом; 2 – газовый обогреватель; 3 – каркас модуля с защитным чехлом; 4 – мобильное теплообменно-вентиляционное устройство; 5 – трактор МТЗ-82

Предлагаемый модуль представляет собой каркас по принципу «Паук», состоящий из основания в виде багажного устройства, имеет четыре подвижные опорные ножки. В качестве теплоизоляционно-защитной капсулы использован материал, применяемый в «портативных гаражах». Теплоотдающее устройство – инфракрасная горелка, работающая на биогазовом топливе, получаемого из конского навоза и загруженного в баллоны. Для исключения накопления продуктов сгорания от работы обогревателя внутри автономного модуля применяется мобильное теплообменно-вентиляционное устройство.

Рассмотрены факторы, влияющие на эффективность АММСС. Составлен вывод, что на АММСС воздействуют три группы факторов – неуправляемые, частично управляемые, управляемые (рис.3)

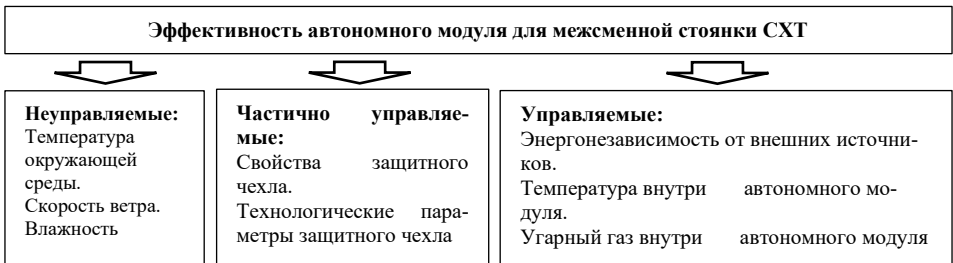


Рисунок 3 – Факторы, влияющие на эффективность АММСС

Надежное обеспечение пусковых качеств ДВС в условиях низких температур можно решить путем применения различных способов и средств облегчения пуска. Например, укрывая машину специальными теплоизоляционными материалами (портативными гаражами, чехлами), позволяющими сохранять тепло нагретого двигателя длительное время и использовать двигатель как источник тепла. В связи с этим возникает необходимость разработки методов, которые помогут рассчитать скорость теплопотерь нагретого ДВС. Первоначально определили фактическое сопротивление теплопередаче и эффективную теплопроводность материала, используемого для разрабатываемого АММСС, с целью дальнейшего использования полученных значений при численном моделировании теплообменных процессов.

Расчеты термического сопротивления теплопередаче  $R_k$  и сопротивления теплопередаче  $R_0$  проводились по известным формулам.

$$R_k = \frac{t_1 - t_2}{q} \quad \text{и} \quad R_0 = \frac{t_{\text{комн}} - t_{\text{кам}}}{q}, \quad (6)$$

где  $t_1$  и  $t_2$  – соответственно, температуры на теплой и холодной поверхностях образца,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{\text{комн}}$  и  $t_{\text{кам}}$  – температуры в комнате и в камере,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $q$  – среднее значение плотности теплового потока по данным двух ПТП.

Эквивалентная теплопроводность материала определяется как теплопроводность слоя однородного вещества с сопротивлением теплопередаче  $R_0$  и толщиной  $b$ , равной определенным материалам для исследуемого образца.

$$\lambda_{\text{экв}} = b / R_0. \quad (7)$$

Так как профиль материала имеет переменную толщину с максимальным значением 15 мм, толщина  $b$  бралась 12 мм.

Установлено, что оптимальными характеристиками теплоизоляционного материала являются: термическое сопротивление теплопередаче  $R_k = 0,337 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , сопротивление теплопередаче  $R_0 = 0,492 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$  и эквивалентная теплопроводность материала, соответствующего данной толщине  $\lambda_{\text{экв}} = 0,0356 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ . Полученные результаты подтверждают заявленные теплоизоляционные свойства материала.

Для описания скорости течения температурных процессов построена математическая модель, где, учитывая температуру двигателя при его охлаждении, может быть описана экспонциальной моделью приспособленности.

$$t(\tau) = (t_n - t_v) e^{-m_{\text{охл}} \cdot \tau} + t_v, \quad (8)$$

где  $t_n$  и  $t_v$  – соответственно, начальная температура двигателя, температура окружающей среды,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $m_{\text{охл}}$  – температура охлаждения двигателя,  $^{\circ}\text{C}$

$$m_{\text{охл}} = \Psi \frac{\alpha \cdot F}{C \cdot M}, \quad (9)$$

где  $\Psi$  – коэффициент неравномерности распределения температуры,  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи с поверхности агрегата,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $F$  – площадь поверхности агрегата,  $\text{м}^2$ ;  $C$  – теплоемкость агрегата,  $\text{кДж} / \text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $M$  – масса агрегата,  $\text{кг}$ .

Был рассмотрен процесс изменения температуры в термодинамике, в котором описывается дифференциальное уравнение теплопроводности. Основное предположение теории теплопроводности состоит в предположении пропорциональности теплового потока градиенту температуры в однородной неподвижной среде (Закон Фурье).

$$Q = -k \text{grad} T, \quad (10)$$

где  $k$  – коэффициент теплопроводности.

Для моделирования процессов теплопереноса запишем уравнение теплопроводности на основании закона сохранения энергии.

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = -\operatorname{div}q + f, \quad (11)$$

где  $f$  – мощность внутренних источников теплоты, Вт/м<sup>2</sup>;  $c$  и  $\rho$  – удельная теплоемкость, Дж/×°С; и плотность среды, кг/м<sup>3</sup>, соответственно.

Подставляя (10) в (11), получим наше основное дифференциальное уравнение теплопроводности.

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = -\operatorname{div}(-k\operatorname{grad}T) + f, \quad (12)$$

где  $f$  равно нулю, так как при охлаждении двигателя нет внутренних источников тепла.

Данное уравнение является линейным уравнением второго порядка параболического типа. Вычислительные алгоритмы строятся на основе метода конечных элементов, что позволяет наиболее полно учитывать геометрию и строение моделируемых объектов. Для аппроксимации по времени строится стандартная чисто неявная разностная схема с линеаризацией с предыдущего временного слоя. Распределение процесса тепла происходит от более нагретых частей тела к менее нагретым, приводящим к выравниванию температуры тела.

Уравнение (12) дополним начальным условием

$$T(x, 0) = T_0, \quad x \in \Omega \quad (13)$$

и граничными условиями, граничное условие третьего рода (условия Робина), которое моделирует конвективный теплообмен между поверхностью твердого тела с окружающей средой.

$$(T_{air}) \quad -k \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha(T - T_{air}), \quad x \in \Gamma_1, \quad (14)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплообмена равная  $\frac{1}{R}$ ,  $R$  – термическое сопротивление материала.  $R = \frac{1}{\alpha_m} + \frac{1}{\alpha_{ти}}$ , где  $\alpha_m$  – коэффициент теплоотдачи материала части двигателя, где производится численное моделирование,  $\alpha_{ти}$  – коэффициент теплоотдачи материала теплоизоляционного материала (если смотреть без него, то  $\alpha_{ти} = 0$ ).

Граничное условие второго рода, которое соответствует заданию на границе теплового потока.

$$-k \frac{\partial T}{\partial n} = q, \quad x \in \Gamma_2, \quad (15)$$

где  $q$  – в нашем случае равно 0.

Проведем аппроксимацию по пространству задачи (11)–(16) с использованием метода конечных элементов. Умножим уравнение для температуры на тестовую функцию  $v$  и проинтегрируем с использованием формулы Грина.

$$\int_{\Omega} c\rho \frac{\partial T}{\partial t} v dx + \int_{\Omega} (k\operatorname{grad} T \operatorname{grad} v) dx + \int_{\Gamma_1} \alpha(T - T_{air}) v ds = 0, \quad \forall v \in \hat{V}. \quad (16)$$

Здесь  $\hat{V} = \{v \in H^1(\Omega)\}$ ,  $V = \{v \in H^1(\Omega)\}$ , где  $H^1(\Omega)$  – пространство Соболева, состоящее из функций  $v$  таких, что  $v^2$  и  $|\nabla v|^2$  имеют конечный интеграл в  $\Omega$ .

Определим равномерную для простоты сетку по времени

$$\omega_{\tau} = \{t^n = n \cdot \tau, n = 0, 1, \dots, N_0, \tau N_0 = t_{max}\},$$

и проведем аппроксимацию по времени с использованием стандартной чисто неявной схемы. Для линеаризации уравнения воспользуемся простейшей линеаризацией, когда коэффициенты зависят от значения функции с предыдущего временного слоя

$$\int_{\Omega} c\rho^n \frac{T^{n+1} - T^n}{\tau} v dx + \int_{\Omega} (k^n \operatorname{grad} T^{n+1} \operatorname{grad} v) dx + \int_{\Gamma_1} \alpha^n (T^{n+1} - T_{air}^n) v ds = 0, \quad \forall v \in \hat{V}. \quad (17)$$

Для численного решения необходимо перейти от непрерывной вариационной задачи к дискретной задаче. Введем конечномерные пространства  $V_h \subset V, \hat{V}_h \subset \hat{V}$  и определим в них дискретную вариационную задачу

$$\int_{\Omega} c\rho^n \frac{T_h^{n+1} - T_h^n}{\tau} v_h dx + \int_{\Omega} (k^n \text{grad} T_h^{n+1} \text{grad} v_h) dx + \int_{\Gamma_1} \alpha^n (T_h^{n+1} - T_{air}^n) v_h ds = 0, \forall v_h \in \widehat{V}_h.$$

Для решения дискретной задачи необходимо найти  $u_h \in V_h$  такую, что выполнимо.

$$a(u_h, v) = L(v), \quad \forall v \in \widehat{V}_h \subset \widehat{V},$$

где

$$a(u_h, v) = \int_{\Omega} c\rho^n \frac{T_h^{n+1}}{\tau} v_h dx + \int_{\Omega} (k^n \text{grad} T_h^{n+1} \text{grad} v_h) dx + \int_{\Gamma_1} \alpha^n T_h^{n+1} v_h ds$$

$$L(v) = \int_{\Omega} c\rho^n \frac{T_h^n}{\tau} v_h dx + \int_{\Gamma_1} \alpha^n T_{air}^n v_h ds.$$

Заметим, что выбор пространства  $\widehat{V}_h$  непосредственно вытекает из типа применяемых конечных элементов. Пространство  $H^1$  является основным при рассмотрении задачи теплопроводности. Подпространства конечных элементов в  $H^1$  являются наиболее изученными конечными элементами. Наиболее известными и используемыми являются линейные Лагранжевы элементы.

**В третьей главе** приведены этапы исследований:

Этап 1: Мониторинг температурного процесса для обоснования эффективности защитных чехлов при различных способах укрытия.

Этап 2: Результаты вычислительной реализации математической модели.

Этап 3: Эксплуатационные испытания автономного модуля.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 53790-2010. Мониторинг температурного процесса проведен на автомобиле марки УАЗ-39094, так как его габаритные размеры соответствуют параметрам трактора МТЗ-82 с учетом дополнительного места для обслуживания, при 5 различных способах укрытия: с защитным чехлом без теплоизоляции днища; с защитным чехлом и с теплоизоляционным днищем; с защитным чехлом, с каркасом и с теплоизоляционным днищем; с защитным чехлом, с каркасом без днища; без защитного чехла. В мониторинге температурных изменений картера двигателя используются датчики «Термохрон» (рис. 4). Способы их крепления показаны на рисунках 5.



Рисунок 4 – Вид датчика «Термохрон»



а) защитный корпус



б) установленный защитный корпус в картере двигателя

Рисунок 5 – Способы крепления датчика в картере двигателя

Практические испытания автономного модуля для межсменной стоянки проведены на конезбазе ИП Ф.И. Охлопков.

Общий вид пилотного (экспериментального) автономного модуля для межсменной стоянки под трактор Беларус-320 Ч4М представлен на рисунке 6.

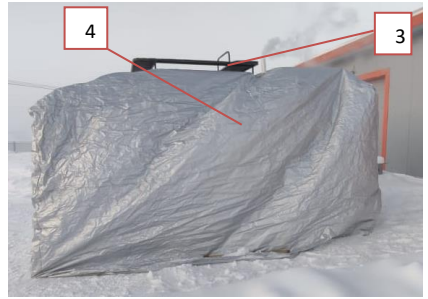


Рисунок 6 – Общий вид АММСС: 1 – баллон с биогазом; 2 – мобильное теплообменно-вентиляционное устройство; 3 – переносное быстровозводимое устройство для установки теплоизоляционного чехла; 4 – теплоизоляционный чехол.

АММСС исследовался на содержание угарного газа при работе мобильного теплообменно-вентиляционного устройства (МТВУ) в двух режимах – без дымохода и с дымоходом. Замеры угарного газа проводились в соответствии с требованиями: ГОСТ Р ИСО 16000-26-2015. Содержание монооксида углерода замерялось газоанализатором многокомпонентным МАГ-6 П-Т. Также был обследован МТВУ для оценки работы горелки с теплообменником. Измерения проводились портативным тепловизором FLIR E60.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований по трем этапам.

**Результаты I этапа.** Исследования проводились в январе-феврале 2021 года при температуре окружающей среды ниже  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Применен автомобиль УАЗ-39094. Интервал измерений был выставлен на каждые 10 мин. Сводный график процесса изменения температуры от способа укрытия автомобиля показан на рисунке 7.

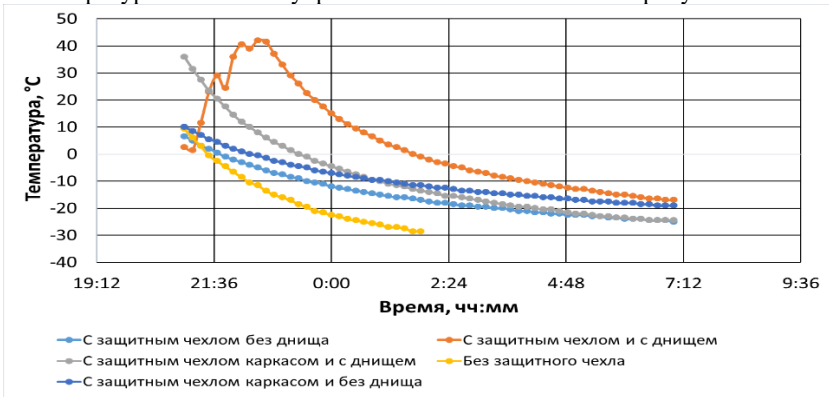
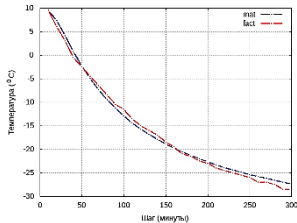


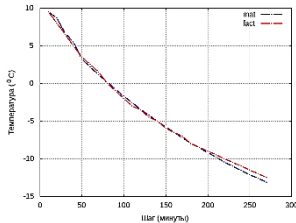
Рисунок 7 – Сводный график процесса изменения температуры для разных способов укрытия автотракторной техники

Эксперименты показали, что после трехчасовой стоянки температура в контрольной точке снижается постепенно на протяжении 9 часов. Максимальный перепад температуры от плюс  $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит, когда машина стоит, не укрытая теплоизоляционным материалом. По результатам эксплуатационных испытаний эффективный результат достигается при использовании теплоизоляционного материала с утепленным днищем.

**Результаты 2 этапа.** Использован свободно-распространяемый генератор сеток Gmsh, который позволяет строить простейшие геометрические модели и генерировать на них расчетную сетку. Для численного моделирования использовали вычислительную библиотеку FeniCS, позволяющую автоматизировать решение задач, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных при помощи метода конечных элементов. Результаты численного моделирования сравнили с фактическими данными. Сравнили теплотери двигателя, когда он накрыт чехлом (рис.8) и без чехла (рис.9). Моделирование проводили с теми же коэффициентами, но когда нет чехла, просто убирается коэффициент, отвечающий за защитный чехол. Моделируем процесс охлаждения на 300 минут т.е. на 5 часов. На основе полученной математической модели разработана программа для прогнозирования процесса охлаждения картера двигателя (рис.10).



красная линия – фактические данные (измеренные), синяя линия – результат моделирования  
Рисунок 8 – График изменения температуры двигателя по времени (без теплоизоляционного материала)



красная линия – фактические данные (измеренные), синяя линия – результат моделирования  
Рисунок 9 – График изменения температуры двигателя по времени, с теплоизоляционным материалом



Рисунок 10 – Вид программы для прогнозирования охлаждения картера двигателя

При верификации описанная математическая модель на основе уравнения теплопроводности, описывающей тепловой режим двигателя, показала совпадение с фактическими экспериментально проведенными данными, что подтверждает адекватность проведенных исследований. Максимальная погрешность практических опытов от теоретических не превышает 5%. Результаты представлены на рисунке 11.

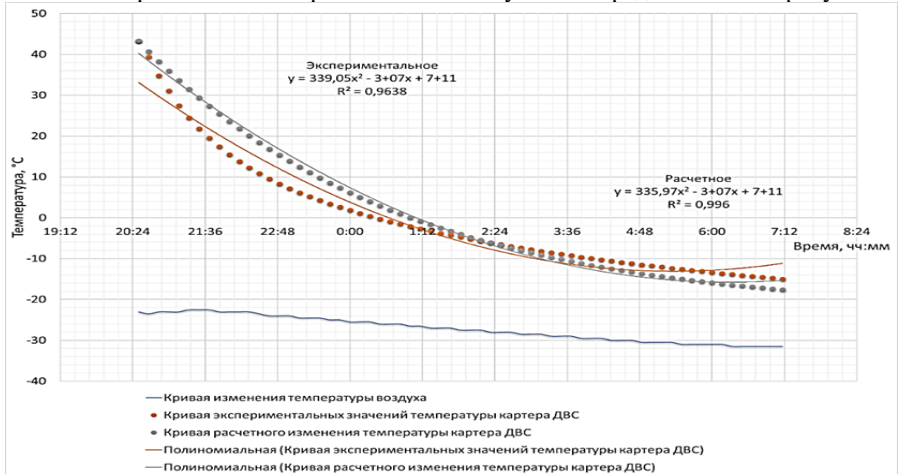


Рисунок 11 – Верификация математической модели

**Результаты 3 этапа.** Разработанное автором мобильное теплообменно-вентиляционное устройство (МТВУ) (рис.12). Габаритные размеры МТВУ составляют: 900 мм x 500 мм x 350 мм. Для отвода отработавших газов горелки предусмотрен дымоход с заслонкой.

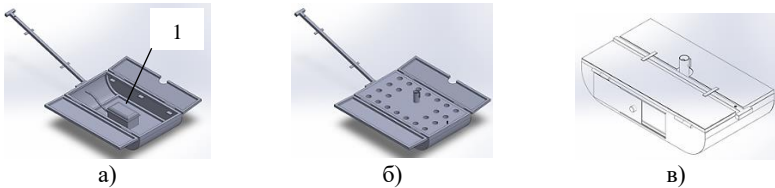


Рисунок 12 – Мобильное теплообменно-вентиляционное устройство: а) корпус с горелкой (1); б) корпус с теплообменно-вентиляционной плитой; в) МТВУ в собранном виде

Разработано переносное быстровозводимое устройство, на которое натягивается теплоизоляционный чехол. Устройство содержит сборно-разборный каркас и контейнер, в котором хранятся и перевозятся разобранные соединительные элементы каркаса. Контейнер находится на крыше трактора (рис.13).



Рисунок 13 – Переносное быстровозводимое устройство, на которое натягивается теплоизоляционный чехол: а) устройство в развернутом виде; б) устройство на крыше кабины трактора

Эксплуатационные испытания пилотного АММС проводились на базе трактора Беларусь-320 Ч40М. Портативный газоанализатор с отборной трубкой был установлен внутри теплоизоляционного чехла согласно ГОСТ на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 1...2 м от стен. Интервал замеров составлял 30 секунд в течении 30 минут. При этом МТВУ работал в двух режимах: без дымохода и с дымоходом. После проведения экспериментов сохраненные данные обрабатывались на специализированной программе Eksis Visual Lab 4.11.1. Результаты полученных данных представлены на рисунках 14.

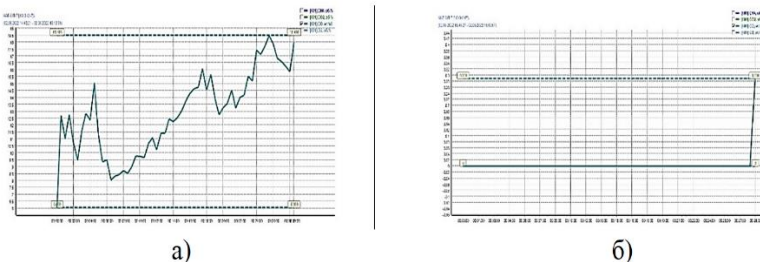


Рисунок 14 – График результатов мониторинга по выбросам монооксида углерода МТВУ: а) без дымохода; б) с дымоходом

Применение дымохода в МТВУ полностью исключает накопление угарного газа внутри АММСС. Соответственно, вентиляция обеспечивается.

Запущена горелка, подключенная к баллону с биогазом, и проведена оценка её теплоотдачи. Измерения сняты после прогрева горелки портативным тепловизором FLIR E60. Результаты представлены на рисунке 15.

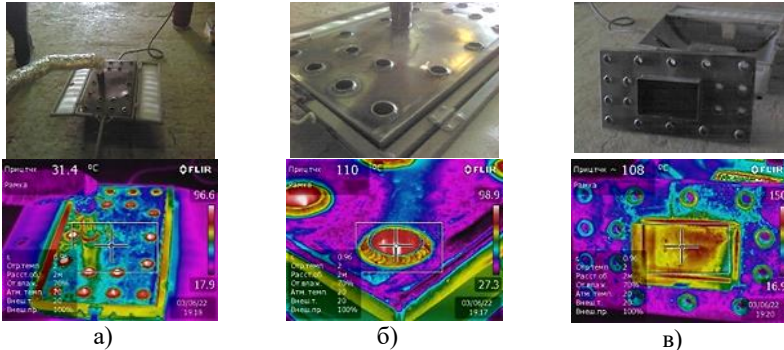


Рисунок 15 – Процесс нагрева узлов МТВУ от биогазового топлива: а) плиты; б) отверстий плиты; в) внутренней пластины.

Результаты тепловизионной съемки подтверждают эффективность теплоотдачи МТВУ. В январе 2023 года проведены исследования по определению темпа нагрева АММСС от работы МТВУ. Средняя температура в январе составляла  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис.16).

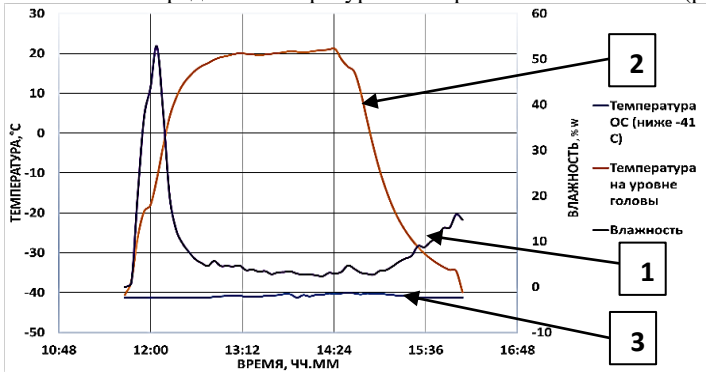


Рисунок 16 – График темпа нагрева АММСС от работы МТВУ:

- 1–изменения влажности внутри АММСС; 2–изменения температуры внутри АММСС;  
3–изменение температуры окружающей среды (ниже  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Таким образом, при температуре окружающего воздуха  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  оптимальная температура в  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в АММСС устанавливается за 1 час 25 мин.

**В пятой главе** обоснована эффективность внедрения АММСС в конезабы Якутии. Рассчитан годовой экономический эффект от внедрения АММСС на примере децентрализованных поселений Вилюйского района. Из 14 труднодоступных поселений конезабы имеются в 8, всего лошадей – 3796, в среднем по 475 гол. в одной конезабы. В 6



поселениях конезаводов отсутствуют. Внедрение в них АММСС с использованием энергогенерирующей технологии позволит создать минимум 6 новых конезаводов с общим поголовьем 2850 гол.

Стоимость одной лошади 100 тыс. руб. Соответственно, район дополнительно создаст капитал в 285 млн руб.

Стоимость одного АММСС 65 тыс. руб. Тогда, для 6 конезаводов потребуется сумма 390 тыс. руб. На строительство социально-бытовых помещений конезаводам потребуется 12 млн руб. На приобретение техники необходимо около 18 млн руб. Минимум 8,64 млн руб. потребуется на зарплату 24 конезаводам. Итого, расходная часть составит около 40 млн руб.

Тогда срок окупаемости внедрения АММСС составит:

$$T_{ок} = 40 / 285 = 0,14 \text{ или } 51 \text{ день (около 2 месяцев).}$$

### Рекомендации по комплектованию оборудования и устройств:

Для освоения децентрализованных сельхозугодий под конезаводы предлагаем внедрять АММСС (рис. 17), включающий следующий перечень оборудования: переносное быстровозводимое устройство для укрытия теплоизоляционным чехлом сельскохозяйственной техники (3); метановый баллон под биогаз (1); газовая горелка (2); мобильное теплообменно-вентиляционное устройство (4).

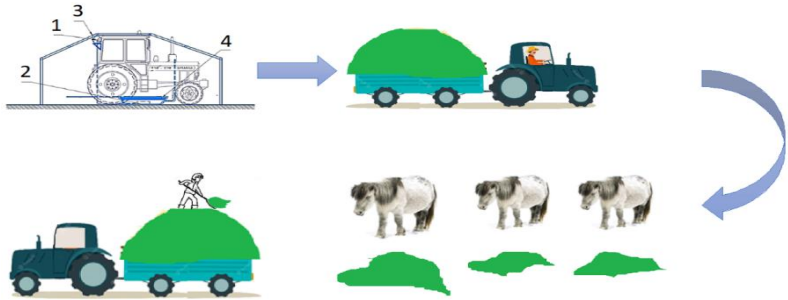


Рисунок 17 – Технологическая схема подвоза и раздачи кормов лошадям с использованием автономного модуля для межсменной стоянки сельскохозяйственной техники

## ВЫВОДЫ

1. Для освоения децентрализованных угодий под конезаводы необходимо внедрять в них автономные модули для межсменной стоянки сельхозтехники (АММСС), а именно для колесных тракторов. Основными управляемыми факторами, воздействующими на эффективность АММСС являются независимость от внешних энергоисточников, возможность создания оптимальной температуры внутри модуля и исключение накопления угарного газа в модуле.

2. Получена математическая зависимость, описывающая эффективность разведения лошадей от степени механизации подвоза и раздачи дополнительного корма животным в холодный период, а также от расстояния завоза корма и численности лошадей. Обосновано, что основное воздействие на эффективность табунного коневодства оказывает расстояние от места хранения сена до места его раздачи. Разработана математическая модель, описывающая тепловые процессы, протекающие при охлаждении двигателя автотракторной техники, находящейся в автономном модуле стоянки. Установлено, что

наилучшие результаты по длительности сохранения тепла нагретого двигателя достигаются при установке АММСС на утепленную площадку. При  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 3 ч температура внутри АММСС удерживается, а далее постепенно снижается на протяжении 9 ч.

3. Предложена конструкция АММСС, состоящая из следующих узлов: устройство «Багаж-Гараж» для перевозки и хранения защитного чехла транспортного средства; переносное быстровозводимое устройство для установки тканевого защитного чехла транспортного средства; мобильное теплообменно-вентиляционное устройство (МТВУ) с переносным газовым обогревателем. Стоимость АММСС составляет 65 тыс. руб., при размерах 5800 мм x 4000 мм x 2780 мм. С учетом того, что ежегодно от одной головы лошади образуется в среднем 7000 кг навоза, то 181 тыс. лошадей производят 1 267 000 т навоза с потенциалом от 141 904 000 м<sup>3</sup> до 212 856 000 м<sup>3</sup> биогаза (в среднем 177 380 000 м<sup>3</sup>). При эквиваленте биогаза природному газу в соотношении 1:0,6 для бесперебойной работы горелки необходимо 3,8 м<sup>3</sup> биогаза в сутки. В 50-литровый баллон под давлением 15-16 МПа загружается 9 м<sup>3</sup> биогаза, чего хватит на 2 суток. Соответственно, на 240 суток фермеру необходимо запастись 26-тью 50-литровыми баллонами с горючим биогазом, что соответствует 1300 м<sup>3</sup> биогаза. На все оборудование получены патенты РФ.

4. Установлено, что при температуре окружающей среды в  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  оптимальная температура в  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  в АММСС создается за 1 час 25 мин. Исследован уровень загазованности АММСС при работе МТВУ. Без дымохода содержание монооксида углерода достигло 13, 43мг/ м<sup>3</sup> в течение получаса, а с дымоходом почти исключается. Параметры авторского обогревателя, работающего на альтернативном топливе-биогазе, следующие: на верхней поверхности температура нагрева около  $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в трубчатых отверстиях около  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  и во внутренней пластине  $108\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Значения достигаются за 10 минут. Таким образом, подтверждена эффективность использования МТВУ в качестве системы отопления с источником топлива-биогаза, для поддержания оптимальной температуры в АММСС. Обосновано, что в Вилуйском районе имеется возможность создания 6 новых конебаз и с учетом этого рассчитан срок окупаемости предлагаемых мероприятий – при капитальных вложениях 40 млн руб. срок окупаемости АММСС составит 51 день.

5. Для освоения децентрализованных сельхозугодий под конебазы предлагаем внедрять АММСС, включающий следующий перечень оборудования: метановый баллон, мобильное теплообменно-вентиляционное устройство, переносное быстровозводимое устройство для укрытия защитным чехлом транспортного средства. При перевозке модуль размещается на крыше кабины трактора. Для межременной стоянки автономный модуль собирается трактористом. На установку модуля уходит 10-15 минут. До установки необходимо подготовить место. Все вышеперечисленные комплектующие при транспортировке закрепляются на тракторе и на основной платформе переносного быстровозводимого устройства.

**Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:  
в изданиях индексируемых в международных базах данных цитатно-аналитических баз данных Scopus:**

1. Anisimov, E. Use of zinc oxide nanopowder as an additive in a tribotechnical composite based on refractory metal disulfide / E. Anisimov, V. Druzyanova, N. Burtsev [et al.] // Key Engineering Materials. – 2016. – Vol. 685. – P. 539-542.

**в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:**

2. Теплоизоляционные параметры автономного модуля для хранения техники / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, К.Н. Большев [и др.] // Сельский механизатор, 2022. – № 6. – С. 36–37.

3. Анисимов, Е.Е. Исследование влияния низких температур на эксплуатацию автомобильных двигателей в условиях Республики Саха (Якутия) / Е.Е. Анисимов // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, 2015. – Т. 12, № 1. – С. 47–51.

4. Анисимов, Е.Е. Разработка номограммы процесса тепловых потерь в моторном отсеке автомобиля при длительной стоянке под теплоизоляционной оболочкой в условиях низких температур / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, С.Ю. Булдаков // Вестник ВСГУТУ, 2022. – № 2(85). – С. 29–35.

5. Автономный модуль хранения сельскохозяйственной техники в условиях низких температур на примере республики Саха (Якутия) / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, В.А. Христофоров, Н.С. Хитерхеева // Дальневосточный аграрный вестник, 2022. – № 2(62). – С. 108–115.

6. Когенерационная линия по преобразованию биогаза в электрическую энергию / Е.Е. Анисимов, Н.В. Петров, И.А. Савватеева, Л.Н. Дьячковская // Дальневосточный аграрный вестник, 2022. – № 2(62). – С. 116–123.

***патенты и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ:***

7. Патент на полезную модель № 181940 U1 Российская Федерация, МПК В60R 9/00. Багажное устройство «Багаж-гараж» для перевозки и хранения защитного чехла транспортного средства: № 2017147071: заявл. 30.12.2017: опубл. 27.07.2018 / Е.Е. Анисимов; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова».

8. Патент на полезную модель № 185358 U1 Российская Федерация, МПК В60R 9/00, В60J 11/00. Устройство для перевозки и хранения защитного чехла транспортного средства: № 2018121346: заявл. 09.06.2018: опубл. 03.12.2018 / Е.Е. Анисимов, С.И. Григорьев; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова».

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021669883 Российская Федерация. Вычислительная библиотека для численного прогнозирования охлаждения картера двигателя: № 2021668333: заявл. 19.11.2021: опубл. 03.12.2021 / Е.Е. Анисимов, С.П. Степанов; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова».

10. Патент на полезную модель № 213048 U1 Российская Федерация, МПК В60R 9/00, E04H 15/44. Переносное быстровозводимое устройство для установки тканевого защитного чехла транспортного средства: № 2022116538: заявл. 20.06.2022: опубл. 22.08.2022 / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, С.И. Григорьев, В.А. Христофоров; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова».

11. Патент на полезную модель № 214464 U1 Российская Федерация, МПК F24H 3/00, F02N 19/02. Переносной газовый обогреватель: № 2022116542: заявл. 20.06.2022: опубл. 28.10.2022 / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, С.И. Григорьев, В.А. Христофоров; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова».

12. Патент № 2789537 С1 Российская Федерация, МПК F02N 19/06, B60H 1/22, B60R 9/045. Способ обогрева транспортного средства в зимних условиях: № 2022116550: заявл. 20.06.2022; опубл. 06.02.2023 / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, С.И. Григорьев, В.А. Христофоров; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова».

*в других научных изданиях:*

13. Анисимов, Е.Е. Экспериментальное обоснование параметров тепло-сберегающего устройства (капсулы) для легковых автомобилей при безгаражном хранении в условиях Крайнего Севера / Е.Е. Анисимов // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2017. – № 1–2. – С. 87–92.

14. Елшин, А.И. Индуктивно-кондуктивный подогрев теплосберегающей капсулы для безгаражного хранения автомобиля в условиях Крайнего Севера / А.И. Елшин, Е.Е. Анисимов, П.А. Елшин // Актуальные проблемы электромеханики и электротехнологий АПЭЭТ-2017: Сборник научных трудов, Екатеринбург, 13–16 ноября 2017 года. – Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2017. – С. 37–40.

15. Анисимов, Е.Е. Теплосберегающая капсула-гараж для легковых автомобилей / Е.Е. Анисимов, Д.Н. Сидоров, А.В. Дегтярев // Сборник материалов Всероссийского форума «Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера» и Недели студенческой науки Автодорожного факультета СВФУ. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2018. – С. 54–58.

16. Анисимов, Е.Е. Исследование температурного режима моторного масла в районе картера двигателя легкового автомобиля при длительной стоянке под теплоизоляционным материалом / Е.Е. Анисимов, С.Ю. Булдаков // Арктический вектор: "Северный завод" – пути развития: материалы IV межрегиональной научно-практической конференции, Якутск, 30 сентября 2021 года. – Якутск: Академия наук РС (Я), 2021. – С. 168–178.

17. Андреев, А.Н. Оценка эффективности использования электрических подогревателей в условиях Крайнего Севера / А.Н. Андреев, Е. Е. Анисимов // Аммосов-2021 Сборник материалов научно-практической конференции студентов СВФУ, Якутск, 12 апреля 2021 года. – Якутск: Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 2021. – С. 757-760.

18. Численное прогнозирование охлаждения картера двигателя с использованием метода конечных элементов / Е.Е. Анисимов, В.П. Друзьянова, С.П. Степанов, А. К. Кириллин // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Благовещенск, 20–21 апреля 2023 года. Том 2. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 10 – 19. – DOI 10.22450/9785964205401\_2\_10.