

На правах рукописи



Кучер Александр Викторович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР
НА ПРИМЕРЕ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Благовещенск - 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»

Научный руководитель доктор технических наук, доцент
Кривуца Зоя Федоровна

Официальные оппоненты: **Друзьянова Варвара Петровна**, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Автодорожный факультет, кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис», заведующий

Сырбаков Андрей Павлович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», Инженерный институт, Кафедра автомобилей и тракторов, доцент

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет»

Защита состоится 8 июня 2022 года в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.027.01, созданного на базе ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», по адресу: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, корпус 12, ауд. 82

Телефон/факс 8-4162-99-51-20

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет» www.dalgaou.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Якименко Андрей Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень её разработанности

Эксплуатация энергетических средств в зимний период, характеризующийся низкими температурами окружающего воздуха, достигающими в некоторых районах Амурской области показателей минус 50° и ниже, тяжелыми дорожными условиями (высотой снежного покрова, заносами, гололедицей, метелями), также осложнена и особенностями использования, технического обслуживания и хранения автомобилей.

Зимой весьма энергозатратен запуск силовой установки, она легко переохлаждается, более значительны потери мощности холодного двигателя и трансмиссионной группы на трение в агрегатах и силовых передачах, ходовой части, усложняется процесс вождения. С понижением температуры окружающего воздуха также ухудшается и испаряемость бензинов, изменяются условия воспламенения рабочей смеси в цилиндрах дизельных автомобилей, возрастает вязкость консистентных смазок, моторных и трансмиссионных масел, увеличивается расход электроэнергии аккумуляторных батарей (АКБ) при запуске холодного двигателя, а работоспособность и долговечность батарей снижается.

Таким образом, учитывая географическое расположение и создавшиеся климатические особенности региона, использование автомобилей в Амурской области практически в течение семи месяцев (октябрь-апрель) проходит в условиях низких температур, крайне неблагоприятных, не обеспечивающих всесезонный запуск, нормальную эксплуатацию и щадящие режимы работы такого сложного восстанавливаемого объекта, которым является автомобиль, как энергетическое средство, наиболее часто применяемое для осуществления сельскохозяйственных транспортных перевозок.

Производители автомобилей обычно лишь в небольшой степени учитывают необходимость всесезонной эксплуатационной надёжности и причины изменения параметров работоспособности энергетического средства в различных климатических зонах и дорожных условиях, оптимизируя конструкцию автомобиля к средней полосе Российской Федерации, минимизируя затраты на проведение детальных исследований и опытную эксплуатацию в целях снижения себестоимости конечной продукции. В связи с чем, учитывая растущие показатели производства и валовых сборов в агропромышленном комплексе, необходимость повышения эффективности транспортно-технологического обеспечения, предприятиям региона для достижения перечисленных показателей, базируясь на собственных возможностях и производственном опыте, несистемно и на низком техническом уровне приходится изыскивать способы проведения

адаптивных мероприятий для узлов, оборудования и агрегатов используемых энергетических средств.

Анализ проведённых ранее научных исследований и современного состояния обозначенной задачи, причин возникновения неисправностей агрегатов, узлов конструкции и систем, установленных на марках автомобилей, наиболее часто применяемых в Амурской области, а именно автомобилей самосвальной группы производства Камского автомобильного завода, позволил предложить **научную гипотезу** – повышение эффективности использования грузовых автомобилей в низкотемпературный период эксплуатации возможно применением электрических подогревающих устройств и рекуперационных модулей, использующих теплоту уходящих газов двигателя, способствующих получению дополнительной распределяемой электрической и тепловой энергии.

Для теоретической и производственной проверки обозначенной гипотезы сформулирована **цель исследования** – повышение эффективности использования энергетических средств на перевозке сельскохозяйственных грузов в условиях низких температур окружающей среды.

Для решения поставленной цели определены следующие **задачи исследований**:

- изучить влияние климатических и производственных условий на нормальную эксплуатацию энергетических средств при низкотемпературных условиях в Амурской области;
- предложить методологическое обоснование системы адаптации энергетических средств к низкотемпературным условиям использования;
- теоретически обосновать и экспериментально проверить влияние электрических подогревающих устройств и термоэлектрических подогревающих модулей на работу гидравлической системы поднятия платформы кузова и топливной системы, а также пусковые качества аккумуляторных батарей энергетических средств в низкотемпературных условиях использования;
- провести сравнительные хозяйственные испытания энергетических средств при использовании в низкотемпературных условиях;
- экономическую и топливно-энергетическую оценку проведённых исследований.

Научная новизна работы заключается в обосновании закономерностей и изучении процесса повышения эффективности использования энергетических средств за счёт применения способов их адаптации к региональной эксплуатации в условиях низких температур окружающего воздуха. Получены аналитические зависимости, определяющие воздействие термоэлектрических подогревающих модулей на эффективность работы энергетических средств в условиях низких температур окружающего воздуха. Установлено влияние термоэлектрических подогревающих модулей на производительность и пусковые качества

энергетических средств. Новизна предложенных математических зависимостей и технических решений подтверждена 2 патентами РФ на интеллектуальную собственность.

Теоретическая и практическая значимость работы. Разработаны и проверены новые подходы к формированию и предложено обоснование системы адаптации энергетических средств к низкотемпературным условиям использования, позволяющей более эффективно использовать теплоту отработанных газов при проведении транспортных работ. Установлено, что использование термоэлектрических подогревающих модулей снижает затраты времени на проведение разгрузочных работ, улучшает пусковые качества и показатели работы топливной системы энергетического средства в условиях низких температур окружающего воздуха. Полученные теоретические и экспериментальные зависимости позволяют сократить затраты времени и материальных средств при адаптации энергетических средств к использованию в условиях низких температур.

Материалы исследований внедрены и применяются в ООО «СОЮЗ» Серышевского района, КФХ «ЗАРЕЧНОЕ» Михайловского района, ООО «Красная звезда» Благовещенского района, КФХ «Степное» Михайловского района, ООО «АгроСевер-3» Шимановского района Амурской области.

Предложения по уточнению теории использования энергетических средств, адаптированных к условиям низкотемпературной эксплуатации, используются в учебном процессе на кафедрах: транспортно-энергетических средств и механизации АПК и эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Методология и методы исследований. Теоретические исследования по повышению эффективности использования энергетических средств на транспортных работах в низкотемпературных условиях проведены с применением методов теоретической и прикладной механики, теории расчёта деталей машин, механики жидкостей и принципов конструирования. В исследовательской деятельности использован математический аппарат линейного программирования, дифференциального и интегрального исчисления. Эксперименты проводились в реальных условиях производственной эксплуатации энергетических средств в Амурской области. Полученные в ходе проведения экспериментов результаты подвергнуты обработке в соответствии с современными методами теории вероятностей, математической статистики и перспективного планирования экспериментальных исследований с применением специализированных программ «Sigma Plot 11.0», «Mathcad» и «Компас 3D V18».

Основные положения, выносимые на защиту:

- методологическое обоснование системы адаптации энергетических средств к

низкотемпературным условиям эксплуатации;

-аналитические зависимости, позволяющие выявить влияние термоэлектрических подогревающих модулей и электрических подогревающих устройств на работу гидравлической системы поднятия платформы кузова и топливной системы, а также пусковые качества аккумуляторных батарей энергетических средств в низкотемпературных условиях эксплуатации;

-результаты экспериментальных исследований по повышению эффективности использования адаптированных энергетических средств на транспортных работах в условиях низких температур окружающего воздуха.

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

Результаты диссертационной работы представлены на обсуждение и получили одобрение на тематических научных конференциях ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (2019 – 2021 г.), национальных и международных научно-практических конференциях: «Перспективные направления развития современной науки» (г. Москва, 2019 г.), «Стратегии устойчивого развития мировой науки» (г. Москва, 2019), «Наука и современность» (г. Москва, 2020 г.), «Теоретические и практические вопросы современной науки» (г. Москва, 2020 г.), «Наука и современность» (г. Москва, 2021 г.), «Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона» (Улан-Удэ, 2021 г.), «Стратегии устойчивого развития мировой науки» (г. Москва, 2021), и применяются в учебном процессе на кафедре транспортно-энергетических средств и механизации АПК (ТЭС и МАПК) ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Результаты исследований используются в учебном процессе на кафедре транспортно-энергетических средств и механизации АПК, кафедре эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в сборниках по итогам национальных и международных научно-практических конференций, сборниках научных трудов ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, научном журнале International Journal of Applied Engineering Research (IJAER), в журналах из перечня, рекомендуемого ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации: «Известия Оренбургского государственного аграрного университета»; «Дальневосточный аграрный вестник»; «АгроЭкоИнфо: электронный научно-производственный журнал», «Инновации в АПК: проблемы и перспективы», «АвтоГазоЗаправочный комплекс плюс альтернативное топливо», в издании, индексируемом в

международной цитатно-аналитической базе данных Scopus: «Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems(JARDCS)».

В перечень основных работ, опубликованных по теме диссертации включено 24 публикации, в том числе одна статья в издании, индексируемом в международной цитатно-аналитической базе данных Scopus, 12 статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 2 патента на объекты интеллектуальной собственности.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 169 страницах, содержит 13 таблиц, 90 рисунков и 7 приложений. В списке литературы содержится 120 наименований, из них 32 – на иностранном языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, степень её разработанности и представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе анализ влияния климатических и производственных условий на нормальную эксплуатацию автомобилей в Амурской области показал, что сельское хозяйство, как никакая другая отрасль экономики Амурской области, нуждается во всесезонных, максимально адаптированных к климатическим условиям энергетическим средствам с высокими тяговыми и эксплуатационными характеристиками. Необходимость адаптации автомобилей семейства КамАЗ к условиям низких температур окружающего воздуха подтверждается наибольшим количеством отказов в зимний период эксплуатации.

Адаптационным мероприятиям энергетических средств в различных климатических зонах посвящены исследования авторов: Г.М. Крохты, А.И. Левина, Н.И. Селиванова, Резника Л.Г., Робустова В.В., Н.В. Семенова. Основные разработки, учитывающие влияние переменного характера условий эксплуатации автомобилей на результативность транспортного процесса, начиная от количественных характеристик приспособленности и заканчивая рядом методик, проверенных на практике, представлены в работах Д.П. Великанова, Н.С. Захарова, С.В. Корнеева, Е.С. Кузнецова, С.А. Эртмана и других исследователей.

Обзор проведённых исследований показал, что наиболее эффективным способом адаптации автомобилей к условиям эксплуатации в Амурской области является использование ленточных электрических подогревателей, как наименее затратных, энергоэффективных и multifunctionальных в применении. Поэтому возникает необходимость проведения адаптационных мероприятий для системы электроснабжения и аккумуляторных батарей в частности, так как их

безотказность и всесезонная работоспособность является важным фактором, во многом определяющим надёжность энергетического средства в условиях низких температур.

Во второй главе на основании проведенных теоретических исследований предложено методологическое обоснование системы адаптации грузовых автомобилей к условиям их эксплуатации в Амурской области, включающее разделение конструкции сложного восстанавливаемого объекта-автомобиля на составляющие системные параметры: адаптация силовой установки, адаптация дополнительного оборудования, адаптация рамы (кабины, кузова), адаптация узлов и агрегатов трансмиссии. Следовательно, при определении эффективности использования автомобилей необходимо учитывать их работоспособность с учётом адаптации к условиям эксплуатации. С этой целью предлагается ввести коэффициент эффективности использования энергозатрат

$$K_{\text{Э}} = \frac{C}{E_{\text{об}} - E_{\text{в}} - E_{\text{а}}}, \quad (1)$$

где C – затраты на приобретение источника энергии (топливо), руб; $E_{\text{об}}$ – энергия, полученная в результате сгорания топлива, МДж; $E_{\text{в}}$ – энергия, затраченная на обеспечение работы энергетического средства, МДж; $E_{\text{а}}$ – энергия, затраченная на адаптацию автомобиля к зимним условиям эксплуатации, МДж.

В то же время повышение коэффициента эффективности использования энергозатрат не должно сопровождаться дополнительными затратами энергии т.е.

$$E_{\text{а}} - E_{\text{с}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $E_{\text{с}}$ – общие затраты на эксплуатацию не адаптированного транспортного средства, МДж.

На основании формул (1-2) можно сделать следующий вывод о том, что повысить коэффициент эффективности использования энергии в зимний период времени, возможно, за счёт уменьшения величины энергии, затраченной на адаптацию автомобиля к зимним условиям эксплуатации.

На эффективность работы транспортных средств большое влияние оказывает их приспособляемость для работы в условиях изменяющегося температурного режима. Это особенно важно для регионов, где ежесуточное чередование высоких положительных и низких отрицательных температур сказывается на работе транспортных средств, снижая их работоспособность и готовность к выполнению транспортных операций. В целях обоснования тепловых режимов при работе транспорта в обозначенных условиях рассмотрим формирование теплового баланса двигателя.

Всё тепло, образовавшееся в результате сгорания топлива, принято характеризовать уравнением теплового баланса двигателя Q_{H}^{P} :

$$Q_{\text{H}}^{\text{P}} = Q_{\text{е}} + Q_{\text{газ}} + Q_{\text{вод}} + Q_{\text{хим}} + Q_{\text{ост}}. \quad (3)$$

где Q_e – количество тепла, преобразованное в эффективную работу или полезно использованное тепло, МДж; $Q_{\text{газ}}$ – физическое тепло, удалённое с выхлопными газами, МДж; $Q_{\text{вод}}$ – тепло, унесённое водой или воздухом, охлаждающим цилиндр двигателя, МДж; $Q_{\text{хим}}$ – потеря теплоты от химической неполноты сгорания топлива, МДж; $Q_{\text{ост}}$ – прочие потери, МДж.

Для полноценного анализа эффективности используемого подведённого тепла образовавшегося в результате сгорания топлива уравнение (3) представляют в процентном выражении, что позволяет детально проанализировать расход тепла:

$$100\% = q_e + q_{\text{газ}} + q_{\text{вод}} + q_{\text{хим}} + q_{\text{ост}}. \quad (4)$$

где $q_e = Q_e/Q_H$ – количество теплоты в процентном выражении, затраченное на полезную работу, %; $q_{\text{газ}} = Q_{\text{газ}}/Q_H$ – количество теплоты в процентном выражении, потерянное с выхлопными газами, %; $q_{\text{вод}} = Q_{\text{вод}}/Q_H$ – количество теплоты в процентном выражении, затраченное на охлаждение двигателя, %; $q_{\text{хим}} = Q_{\text{хим}}/Q_H$ – количество теплоты в процентном выражении, потерянное от химической неполноты сгорания топлива, %; $q_{\text{ост}} = Q_{\text{ост}}/Q_H$ – количество теплоты, затраченное на различные потери, %.

Проведённые многочисленные исследования показали, что от 25 до 55% потерянного тепла приходится на уходящие в атмосферу выхлопные газы. Для повышения эффективности использования тепла, образовавшегося от сгорания топлива, предлагается вторично использовать тепло выхлопных газов в процессе их рекуперации.

С этой целью было разработано рекуперативное устройство-термоэлектрический подогреватель для двигателя внутреннего сгорания, на который получен патент РФ № 197094, и предложен ряд технических решений, также защищённых охранными документами.

Предлагаемый термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль выполнен в виде комплекса, объединённого электрической сетью, и включающего энергоблок, монтируемый на выхлопной трубе глушителя автомобиля. Непосредственно рекуперативное устройство состоит из батареи термоэлектрических модулей Пельтье, соединённых последовательно и закреплённых клеевым составом двухрядно на внешних плоскостях установочной муфты, выполненной в виде тонкостенной алюминиевой трубы квадратного сечения (рисунок 1).

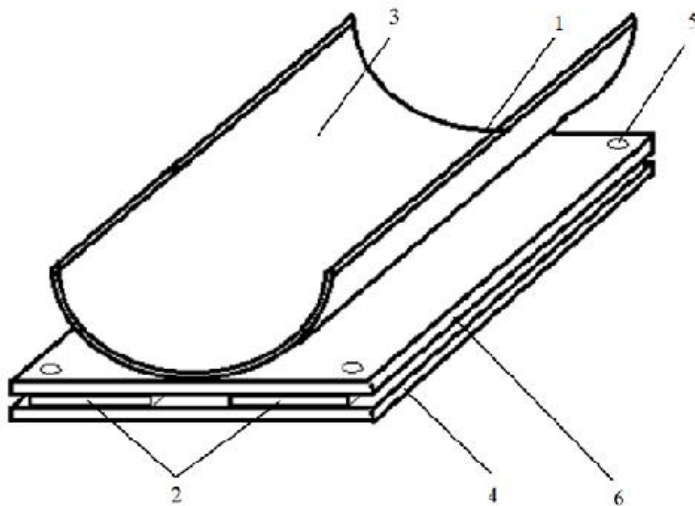


Рисунок 1 – Принципиальная схема термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля: 1 - энергоблок, 2 - батареи термоэлектрических модулей Пельтье, 3 - установочная муфта модуля, 4 - охладитель, 5 - монтажные отверстия, 6 - ветронаправляющая плоскость

В результате использования термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля, за счёт использования тепловой энергии выхлопных газов, происходит подогрев гидравлической жидкости, что позволяет повысить КПД гидроцилиндра. Кроме этого, при анализе уравнения (3) необходимо отметить, что в результате вторичного использования теплоты выхлопных газов, количество тепла, преобразованное в эффективную работу или полезно использованное тепло в системе с предлагаемым устройством, увеличится на следующее количество, равное

$$Q_{ey} = Q_e + n \cdot Q_i. \quad (5)$$

Эффективность работы двигателя оценивается КПД, который равен:
-для серийного автомобиля

$$\eta = Q_e / Q_{H^P}. \quad (6)$$

-для автомобиля с установленным экспериментальным устройством

$$\eta = (Q_e + n \cdot Q_i) / Q_{H^P}. \quad (7)$$

Анализируя формулы (6) и (7) необходимо отметить, что КПД двигателя с установленным устройством выше по сравнению с серийным.

Таким образом, предложенные теоретические зависимости позволяют обосновать теплообменные процессы, возникающие в схеме рекуперации выхлопных газов ДВС, режимные и конструктивные параметры термоэлектрического модуля, подтвердить функциональность его применения в конструкции автомобиля для обеспечения эффективности выполнения транспортных работ в низкотемпературный период.

При эксплуатации автомобиля в условиях пониженных температур одной из главных трудностей является запуск двигателя. Это объясняется тем, что при низких температурах, для успешного запуска двигателя, коленчатый вал двигателя необходимо вращать с большей частотой вращения и при этом необходимо отметить, что вязкость масла при влиянии низких температур повышается. Следовательно, можно сделать следующий вывод, что в этих условиях большая нагрузка ложится на аккумуляторные батареи.

Отмечается, что момент сопротивления прокручиванию коленчатого вала можно определить по следующей формуле

$$M_c = (390 + 3,12n) \nu V, \quad (8)$$

где n – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин; ν – вязкость моторного масла, сСт; V – объём цилиндров, м³.

При этом запуск двигателя возможен только тогда, когда электромагнитный момент вращения стартера будет больше момента сопротивления прокручиванию коленчатого вала т. е.

$$M_{ст} > M_c. \quad (9)$$

Электромагнитный момент вращения стартера предлагается определять по уравнению

$$M_{ст} = I_{ст} \Phi C_e, \quad (10)$$

где $I_{ст}$ – ток стартера, А; Φ – магнитный поток, Вб; C_e – конструктивная постоянная стартера.

Величина стартерного тока в момент запуска двигателя является основным показателем, который можно определить по уравнению

$$I_{ст} = \frac{E_0}{R_0 + R_{ст} + R_{пр}}, \quad (11)$$

где E_0 – напряжение АКБ при разомкнутой внешней цепи, В; R_0 – омическое сопротивление АКБ, Ом; $R_{ст}$ – сопротивление обмотки стартера, Ом; $R_{пр}$ – сопротивление проводов стартерной цепи, Ом.

Используя полученные вольт-амперные разрядные характеристики свинцовых стартерных аккумуляторных батарей при различных температурах электролита, рассчитана величина стартерного тока в момент запуска двигателя

$$I_{ст} = \frac{E_0}{\frac{m(2,02 + 0,00136t_3 - 0,001\Delta C_p)}{n_+(I_{+0} + bt_3 + c\Delta C_p - (d + e(t_{п} - 10))(z_{п} - 1) - k_{пр}\Delta C_{пр})} + R_{ст} + R_{пр}}, \quad (12)$$

где m – число элементов в батарее; t_3 – температура электролита, °С; ΔC_p – разряженность батареи, %; n_+ – число положительных пластин в элементе; I_{+0} – значение силы тока замыкания на одну положительную пластину при 0°С на первой попытке пуска, А; b – коэффициент, учитывающий влияние температуры

электролита на силу тока замыкания батареи, $A/^\circ C$; c – коэффициент, учитывающий влияние разряженности батареи на силу тока замыкания батареи, $A/\%$; d – коэффициент, учитывающий влияние числа попыток пучка на силу тока замыкания батареи, A ; e – коэффициент, учитывающий скорость снижения силы тока замыкания батареи в течение одной попытки пуска, $A/сек$; $t_{\text{п}}$ – продолжительность попытки пуска, сек; $z_{\text{п}}$ – число попыток пуска.

Анализ исследуемой зависимости показывает (рисунок 2), что на характер значения стартерного тока влияют температура электролита и емкости предпускового разряда аккумуляторной батареи. Стартерный ток аккумуляторной батареи изменяется в значительно большей степени при одновременном снижении температуры окружающего воздуха и емкости предпускового разряда и достигает наименьших значений по сравнению с пусковым током при неизменных значениях параметров. Причиной является влияние роста плотности электролита на удельное сопротивление за счет уменьшения диффундирования электролита из наружных слоев в поры активной массы.

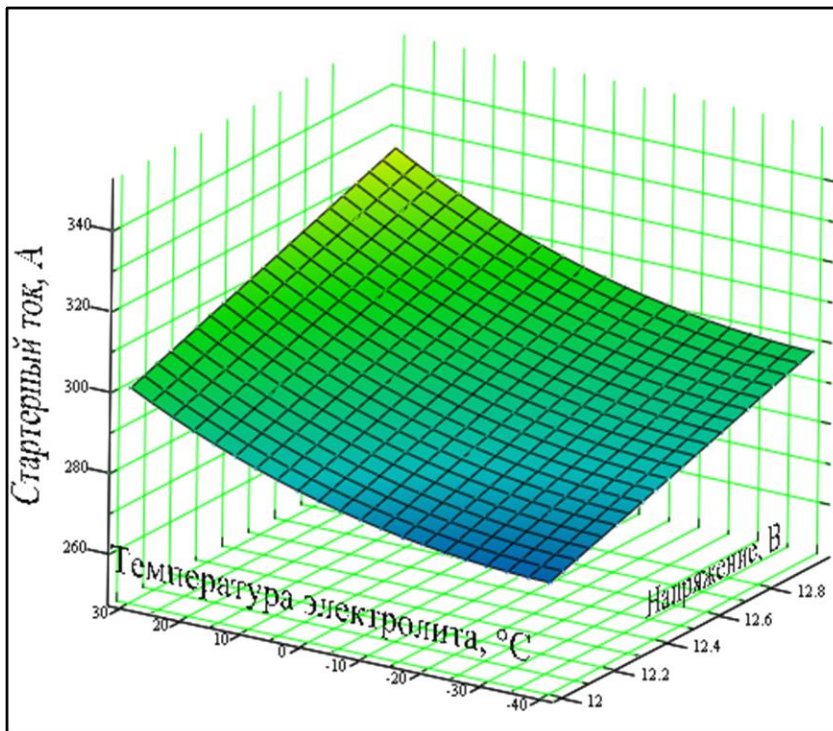


Рисунок 2 –
Зависимость
стартерного тока в
момент запуска
двигателя от
температуры
электролита и емкости
предпускового разряда

Таким образом, для обеспечения устойчивой работы АКБ в условиях низких температур

необходимо поддерживать температуру электролита на протяжении всей работы. Это обеспечит поддерживать необходимый заряд самой АКБ при работе двигателя.

Преимущества автомобилей семейства КамАЗ при выполнении разгрузочных работ реализуется на основе наличия гидравлической системы, которая с помощью телескопического гидроцилиндра поднимает и опрокидывает платформу кузова. Однако, при эксплуатации автомобилей семейства КамАЗ в низкотемпературных условиях, при использовании на длинных маршрутах

подвоза или безгаражном хранении значительно увеличивается время разгрузки сельскохозяйственных грузов, из-за повышения вязкости гидравлической жидкости в системе опрокидывания кузова вследствие длительного воздействия низких температур.

Фактическая мощность, реализуемая в силовом гидроцилиндре, определяется выражением

$$N_{\phi} = F_{\Pi} \cdot v = P \cdot S_{\Pi} \cdot v, \quad (13)$$

где N_{ϕ} – фактическая мощность, Вт; F_{Π} – внешнее усилие на поршне, Н; v – скорость поршня, м/с; P – рабочее давление жидкости, Па; S_{Π} – площадь поршня, м².

Проведенные исследования позволили установить зависимость фактической мощности, реализуемой в силовом гидроцилиндре от температуры окружающей среды

$$N_{\phi} = \frac{4\pi D^2 P Q}{4\pi(D^2 - d^2)} = \frac{D^2 P Q}{D^2 - d^2} = \frac{\pi D^6 P (p_1 - p_2)}{(D^2 - d^2) 128 l \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}}, \quad (14)$$

где D – диаметр поршня, м; d – диаметр штока, м; Q – объемный расход жидкости, м³/с; l – расстояние, проходимое жидкостью, м; $p_1 - p_2$ – приращение давления, Па; μ_0 – динамический коэффициент вязкости, Па·с; T – температура, °С; β – коэффициент, значение которого для синтетических масел изменяется в пределах 0,02-0,03.

Таким образом, изложенное позволяет сделать вывод, что снижение температуры окружающей среды оказывает существенное негативное влияние на работу гидравлической системы за счет увеличения вязкости рабочей жидкости. Поэтому особый интерес представляет применение устройств, позволяющих увеличить температуру гидравлической жидкости транспортного средства в условиях низкотемпературной эксплуатации.

С целью обоснования использования нагревательного устройства на основе термоэлектрического рекуперативного модуля, позволяющего в условиях ограниченности теплового ресурса повысить эффективность разгрузочных работ автомобилей семейства КамАЗ, проведен анализ влияния температуры окружающей среды на продолжительность разгрузочных работ транспортного средства.

Индикаторную мощность силового поршня гидравлической системы транспортного средства можно определить выражением

$$N_{и} = F_{Ш} \cdot v = P_{и} \cdot S_{\Pi} \cdot v, \quad (15)$$

где $N_{и}$ – индикаторная мощность, Вт; $F_{Ш}$ – внешнее усилие на штоке, Н; v – скорость поршня, м/с; $P_{и}$ – индикаторное давление, Па; S_{Π} – площадь поршня, м².

Коэффициент полезного действия (КПД) η силового гидроцилиндра равен

$$\eta = \frac{N_{и}}{N_{\phi}} \cdot 100\%. \quad (16)$$

Индикаторная мощность силового поршня гидравлической системы может быть записана также в виде

$$N_{и} = N_{\phi} - N_{Т}, \quad (17)$$

где $N_{Т}$ – мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в гидроцилиндре и преодоление сил от противодействия, Вт.

Установлена зависимость КПД силового гидроцилиндра от температуры окружающей среды

$$\eta = \frac{N_{и}}{N_{\phi}} = \frac{N_{\phi} - N_{Т}}{N_{\phi}} = 1 - \frac{N_{Т}}{N_{\phi}} = 1 - \frac{\left(\frac{\pi}{4}P_1(D^2 - d^2) + \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}\pi Du\right) \frac{\left\{\frac{(p_1 - p_2)D^4\pi}{128l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}}\right\}}{\pi(D^2 - d^2)}}{\frac{\pi D^6 P(p_1 - p_2)}{(D^2 - d^2)128l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}}} = 1 - \frac{4(P_1(D^2 - d^2) + \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}Du)}{D^2 P}. \quad (18)$$

Таким образом, уменьшение температуры окружающей среды приводит к увеличению силы внутреннего трения в гидроцилиндре и согласно выражению (18) уменьшает коэффициент полезного действия.

Время подъема кузова транспортного средства зависит от температуры окружающей среды и описывается формулой

$$t(T) = \frac{32l\mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}(D^2 - d^2)}{(p_1 - p_2)D^4} \quad (19)$$

Анализируя представленную зависимость (19) необходимо отметить, что с понижением температуры окружающей среды время подъема платформы кузова увеличивается за счёт увеличения вязкости масла и снижения величины его прокачиваемости. Поэтому для снижения времени подъема кузова автомобиля необходимо поддерживать положительный температурный режим масла гидроцилиндра.

В третьей главе приводится методика проведения экспериментальных исследований. В задачи экспериментального исследования входило: исследовать особенности природно-климатических, производственных условий региона и их влияние на эффективность использования энергетических средств в условиях низких температур. Для подтверждения полученных теоретических исследований были проведены экспериментальные исследования, при этом решались следующие задачи: экспериментально проверить влияние термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля на работу гидравлической, топливной системы автомобиля и пусковые качества автомобиля в зимних условиях; провести производственные испытания грузового автомобиля, адаптированного к низкотемпературным условиям эксплуатации; дать экономическую и топливно-

энергетическую оценку использования автомобиля с термоэлектрическими подогревающими модулями. Провести сравнительные хозяйственные испытания экспериментальных и серийных энергетических средств в производственных условиях Амурской области. В качестве объектов исследования были взяты: серийный автомобиль КамАЗ – 55111, автомобиль КамАЗ – 55111 с установленным подогревающим модулем на выхлопной магистральной трубе, автомобиль КамАЗ – 55111 с дополнительно установленным подогревающим устройством аккумуляторной батареи, гидроцилиндра и топливного фильтра. В ходе проведения экспериментальных исследований замерялись следующие параметры: технологические параметры АКБ, параметры в сети термоэлектрического автомобильного подогревающего модуля, температуры корпуса АКБ, корпуса гидроцилиндра, подводящих магистралей, температуры рабочей жидкости гидроцилиндра, рабочей жидкости системы подъёма грузовой платформы, времени подъёма гидроцилиндра в различных режимах температур и нагрузки, температуры внешних поверхностей узлов и агрегатов. При проведении исследований применялись общие и частные методики, использовался аппарат математического моделирования эксперимента, методы регрессионного анализа. Опытные испытания проводились в реальных условиях производственной эксплуатации энергетических средств в Амурской области. Обработка данных, полученных в ходе эксперимента, проводилась известными методами математической статистики с использованием ЭВМ и специализированных программ обработки данных.

В четвертой главе работы приводятся результаты экспериментальных исследований. С целью определения температурного режима различных агрегатов и установления оптимальных параметров для закрепления термоэлектрического модуля на магистрали выпуска отработанных газов двигателя при работе энергетического средства в низкотемпературных условиях были проведены экспериментальные исследования на примере автомобиля КамАЗ–55111. Результаты проведенных исследований и термограммы систем, узлов и агрегатов представлены на рисунке 3.

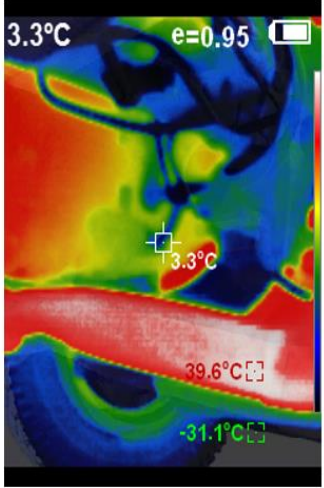
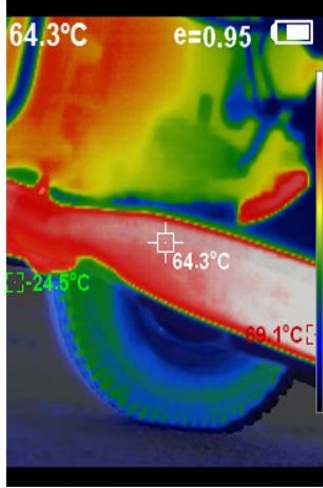
Термограмма выхлопной трубы двигателя автомобиля КамАЗ – 55111 до начала движения	Термограмма выхлопной трубы двигателя автомобиля КамАЗ – 55111 после пробега 40 т
	
Max t=39.6°C Min t= минус 31.1°C	Max t= 89.1°C Min t= минус 24.5°C

Рисунок 3 – Термограмма и общий вид выпускной трубы двигателя КамАЗ –740 автомобиля КамАЗ–55111

При эксплуатации автомобиля в зимних условиях ряд агрегатов в процессе работы имеют отрицательную температуру, что отражается на их работоспособности. Результаты экспериментальных исследований температурных параметров рабочей жидкости и корпуса гидроцилиндра поднятия кузова с подогревающим устройством приведены на рисунках 4-5.



Рисунок 4 – График нагрева рабочей жидкости гидроцилиндра поднятия кузова

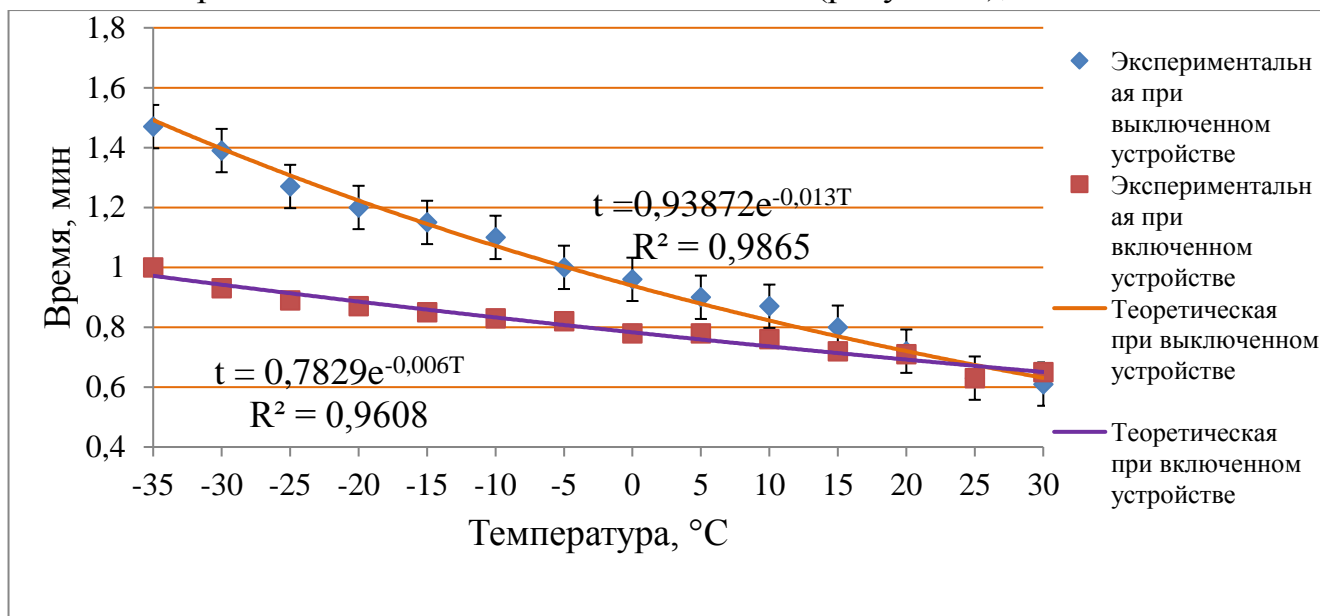


Рисунок 5 – График остывания рабочей жидкости гидроцилиндра поднятия кузова

Как видно из представленных результатов (рисунок 5 – 6), включение подогревателя в работу позволяет поднять температуру гидравлической жидкости с -39,8°C до 32°C за 0, 18 часа. Охлаждение же гидравлической жидкости до температуры -18°C происходит за 2,32 часа при температуре окружающего воздуха -18°C. Следовательно, кратковременное включение подогревателя в работу в низкотемпературный период периодичностью 3 раза за рабочую смену позволит использовать гидравлическую систему поднятия кузова автомобиля в комфортных для работоспособности условиях, что увеличит надёжность и

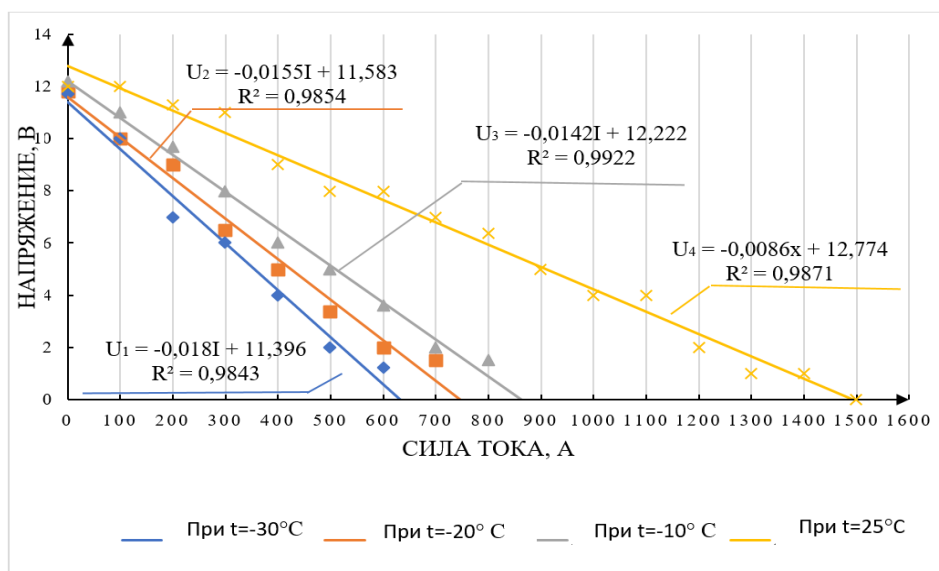
долговечность силового гидроцилиндра, подводящих, перекачивающих элементов и даст возможность получить экономию материальных средств при обслуживании и эксплуатации грузовых автомобилей при низкотемпературных режимах эксплуатации.

Экспериментальные исследования показали (рисунок 6),



что использование предлагаемого устройства при температуре окружающего воздуха -35°C уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза 10т штатной гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 более чем на 31%, что позволяет более результативно использовать затраченную энергию и тем самым повысить эффективность работы энергетических средств.

С целью повышения пусковых качеств автомобиля проведена оценка эффективности работы аккумуляторных батарей в условиях низких температур. На основе экспериментальных данных, построены вольт–амперные разрядные



характеристики, являющиеся связующими между параметрами батареи и стартера при пуске двигателя (рисунок 7).

Рисунок 7–Вольт-амперные разрядные характеристики

свинцовых стартерных аккумуляторных батарей при различных температурах электролита

Анализ исследуемой зависимости показывает (рисунок 7), что на характер и значения стартерного тока влияют температура электролита и емкость предпускового разряда аккумуляторной батареи.

В результате проведенных исследований по влиянию предлагаемого устройства на подогрев электролита была получена зависимость температуры нагрева от мощности в месте установки устройства, представленная в виде графика на рисунке 8.

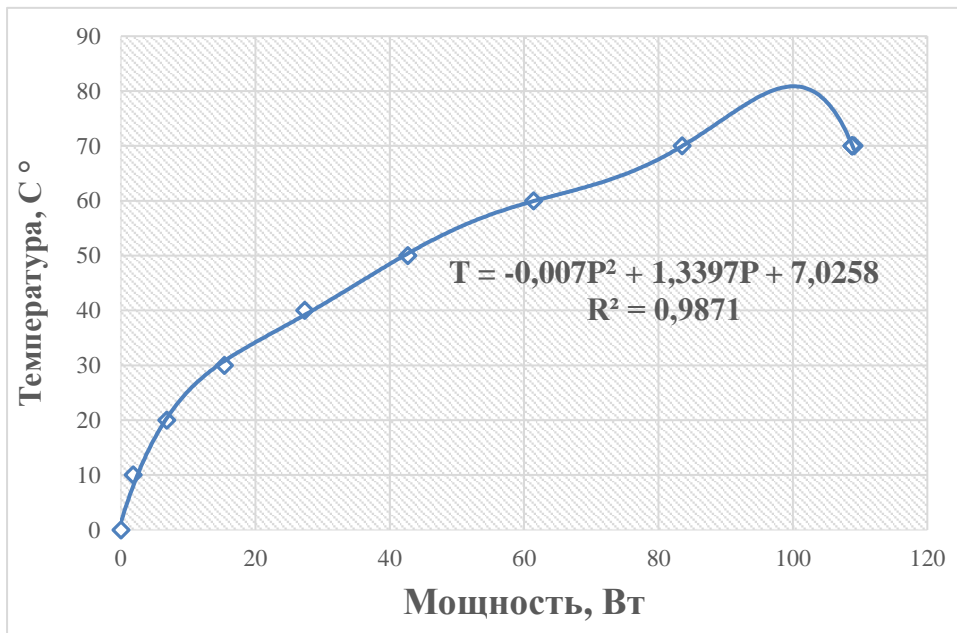


Рисунок 8 – Зависимость мощности модуля термоэлектрических элементов от температуры нагрева в месте установки на выхлопной магистрали автомобиля

На основании проведенных исследований (рисунок 8) установлено, что предлагаемое устройство позволяет поддерживать оптимальную температуру электролита в зимних условиях, используя при этом энергию выхлопных газов за счёт рекуперативного эффекта в модуле термоэлектрических элементов и применения для аккумуляции тепловой энергии в демпфирующем модуле.

Проведены исследования параметров взаимодействия температуры окружающей среды, температур теплоаккумулирующего модуля, корпуса и электролита АКБ в ходе процессов нагрева и остывания при воздействии теплового накопителя. Замеры проводились при температуре окружающего воздуха -25 С° , плотности электролита АКБ $1,30\text{ г/см}^3$. Полученные результаты представлены в виде графика на рисунке 9.

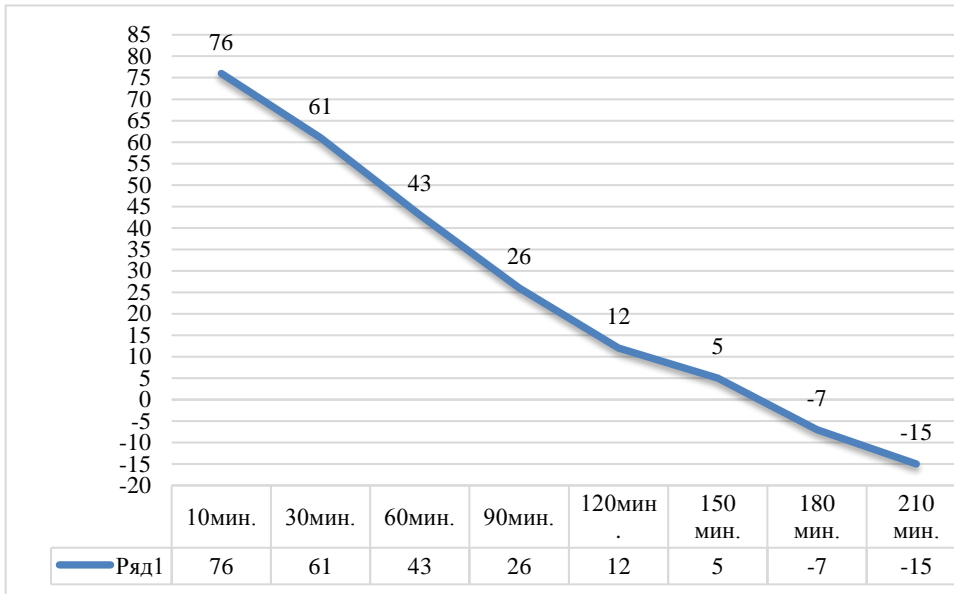


Рисунок 9–График остывания модуля теплоаккумулирующего устройства

В ходе полевых экспериментов установлено, что при отключении устройства, эффект теплового аккумулярования

позволяет почти в течение трёх часов удерживать положительную температуру электролита АКБ.

Анализ графика (рисунок 9) показывает, что при температуре окружающего воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ остывание происходит с $76\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 210 минут, при чём температуры в $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ корпус АКБ достигает через 180 минут, что соответствует оптимальному режиму заряда.

При работе энергетического средства предлагаемое устройство автоматически поддерживает температуру 80°C и постоянно передает тепло аккумулятору. Проведенные исследования по нагреву электролита аккумулятора при работе устройства приведены на рисунке 10.

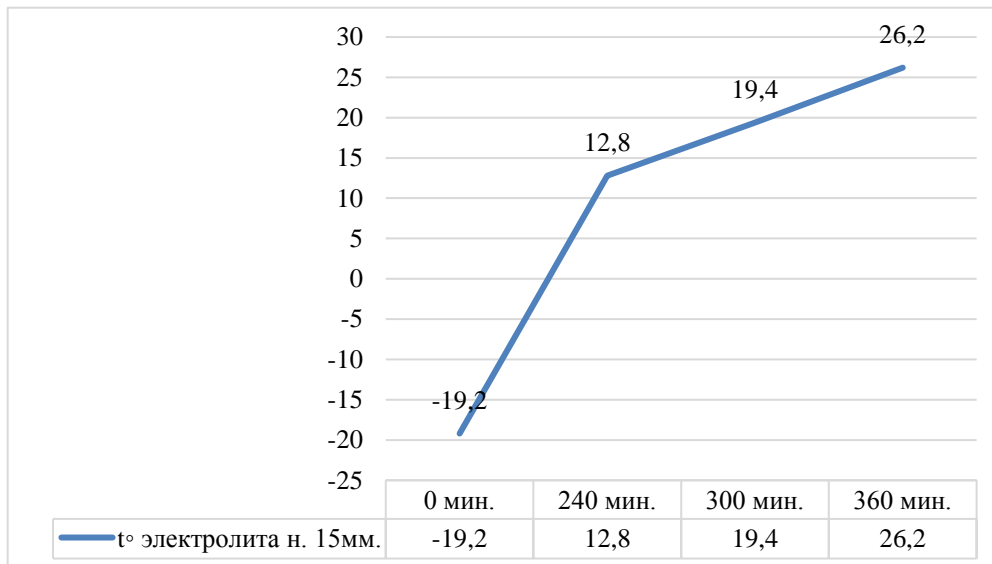


Рисунок 10 – Время нагрева аккумулятора при работе устройства.

На основании проведенных исследований установлено, что для нагрева электролита

аккумулятора от $-19,2^{\circ}\text{C}$ до $26,2^{\circ}\text{C}$ необходим период времени в 6 часов, что соответствует рабочему времени энергетического средства при выполнении единичной транспортной операции.

При отключении данного устройства, ранее аккумулярованное тепло передается непосредственно как аккумулятору, так и окружающему пространству.

С целью определения этих параметров были проведены исследования по фиксации времени остывания АКБ (рисунок 11).

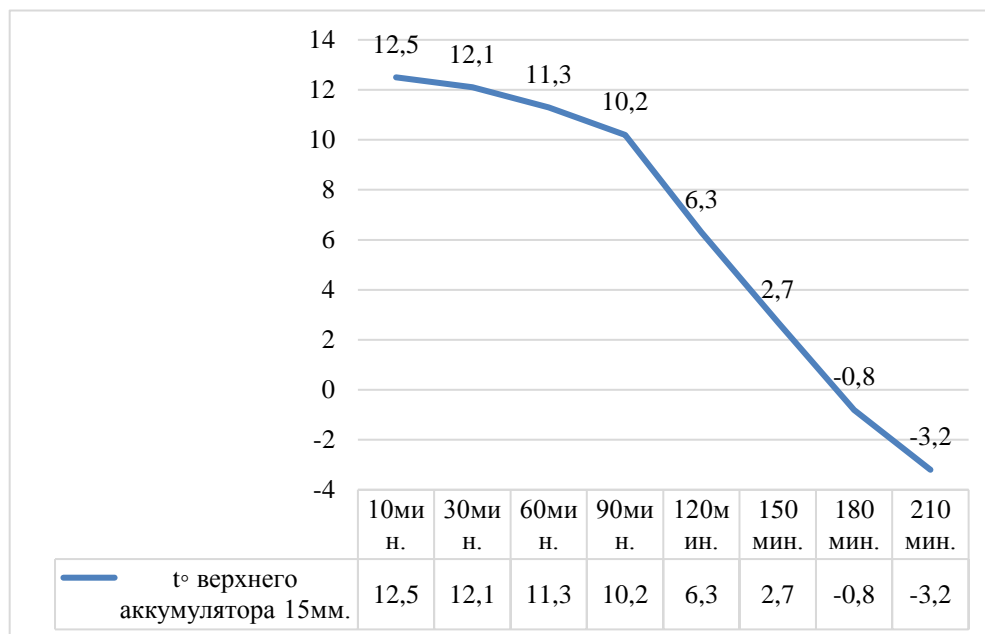


Рисунок 11 – Время остывания электролита аккумулятора при отключении устройства. Как видно из графика (рисунок 11) остывание электролита аккумулятора с установленным устройством от

12,5°C до -3°C составляет 210 минут. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что предлагаемое устройство позволяет автоматически поддерживать комфортную для полного заряда температуру аккумулятора при выполнении работ и увеличить время остывания при его отключении. Таким образом выполнить требования РД 3112199-1089-02 для накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации и повысить сроки их эксплуатации за счёт оптимизации условий использования.

Экспериментальные исследования по определению времени нагрева и остывания предлагаемого устройства нагревательными элементами различной ширины (15 и 25 мм) и мощности (52 Вт и 84 Вт) представлены на рисунке 12.

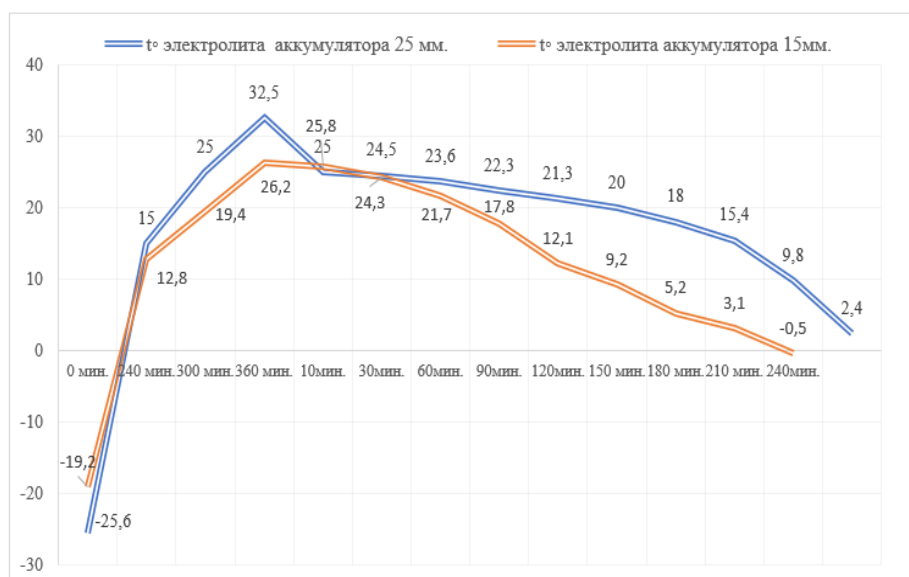


Рисунок 12 – Экспериментальный усредненный график цикла нагрева-остывания корпуса демпфирующего устройства. Проведёнными опытами (рисунок 12) установлено, что демпфирующее устройство с 25 мм

нагревательным элементом накапливает и отдаёт теплоту в течении 360 минут – б

часов времени смены, чего достаточно для межсменного обслуживания и проведения краткосрочных остановок, при этом электролит АКБ находится в оптимальном тепловом режиме, рекомендуемом РД 3112199-1089-02.

Экспериментальные исследования по проверке времени нагрева и остывания приведены для: корпуса теплового накопителя, времени нагрева и остывания корпуса АКБ, времени нагрева и остывания электролита АКБ. Результаты исследований приведены для теплового накопителя с шириной нагревательного элемента 25 мм, длиной 0,6 м. и мощностью 0,084 кВт.

На основе проведенных экспериментальных исследований по влиянию нагрева фильтра грубой очистки на топливную систему автомобиля (рисунки 13-14) установлено, что использование ленточного подогревателя на фильтре грубой очистки позволяет производить подогрев дизельного топлива, что в конечном итоге улучшает работу топливной системы за счёт снижения его вязкости.

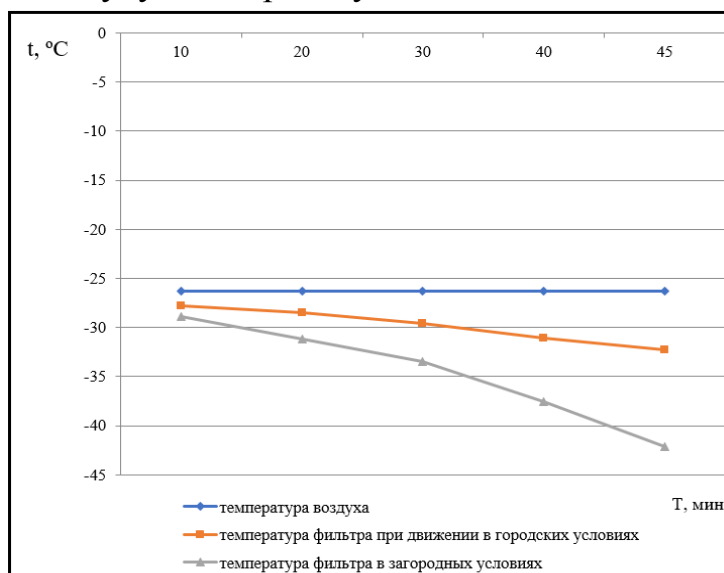


Рисунок 13 – График изменения температуры фильтра грубой очистки топлива без подключения устройства

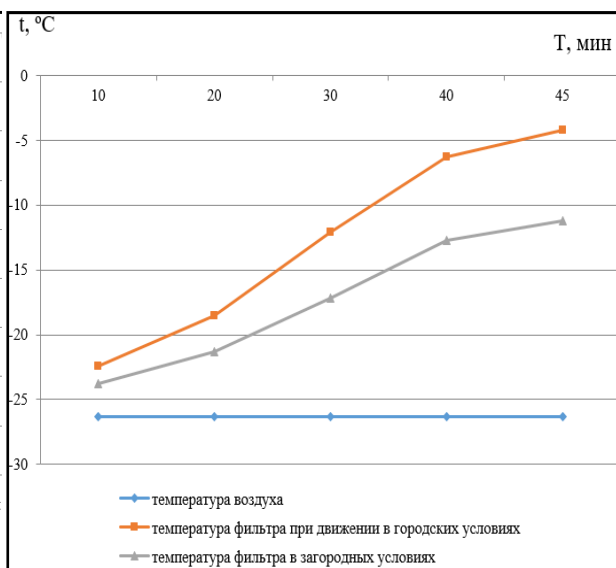


Рисунок 14 – График изменения температуры фильтра грубой очистки топлива с подключенным устройством

Для подтверждения эффективности использования адаптированного автомобиля с установленными устройствами в зимних условиях были проведены транспортные работы на перевозке сыпучих грузов-семян сои.

В пятой главе проведена топливно-энергетическая и экономическая оценка грузовых автомобилей, адаптированных к низкотемпературным условиям использования в условиях Амурской области. Оценка исследований показала, что за счёт адаптации автомобиля КамАЗ -55111 к зимним условиям эксплуатации экономия финансовых затрат совокупно составит сумму в 38351,5 рублей, а в энергетическом эквиваленте - 28967,8 МДж по сравнению с серийным вариантом энергетического средства.

ВЫВОДЫ

В результате проведённых теоретических и экспериментальных исследований, выполненных для решения научной задачи по повышению эффективности использования энергетических средств на перевозке сельскохозяйственных грузов в условиях низких температур сформированы следующие обоснованные выводы:

1. Анализ климатических и производственных условий Амурской области показал, что температура воздуха в зимний период времени достигает минус 55-60°С на севере и минус 45-50°С – на юге. Приход холодного арктического воздуха отмечается уже в начале ноября, усиливаясь в декабре, январе и феврале. Установлено, что повысить эффективность энергетических средств возможно проведением адаптации элементов гидравлической и топливной системы к условиям низкотемпературного использования, а также за счёт улучшения пусковых качеств аккумуляторных батарей в условиях низких температур окружающего воздуха.

2. Предложено методологическое обоснование системы адаптации грузовых автомобилей к условиям их эксплуатации в Амурской области, включающее разделение конструкции сложного восстанавливаемого объекта-автомобиля на составляющие системные параметры: адаптация силовой установки, адаптация дополнительного оборудования, адаптация рамы (кабины, кузова), адаптация узлов и агрегатов трансмиссии.

3. Теоретически обоснована система показателей, характеризующая эффективность эксплуатации транспортных средств в низкотемпературных условиях по критерию наименьших суммарных энергетических затрат. Повысить эффективность работы гидравлической и топливной систем, улучшить пусковые качества аккумуляторных батарей дизельного автомобиля самосвальной группы при использовании в низкотемпературных условиях эксплуатации возможно за счет применения предлагаемых электрических подогревающих устройств и рекуперационных термоэлектрических модулей, конструкция которых защищена патентами РФ на результаты интеллектуальной деятельности № 2762041, 197094, 180768.

4. Экспериментально установлено, что включение подогревателя гидравлического цилиндра подъёма кузова в работу позволяет поднять температуру гидравлической жидкости с минус 39,8°С до 32°С за 0,18 часа. Охлаждение же гидравлической жидкости до температуры -18°С происходит за 2,32 часа при температуре окружающего воздуха минус 18°С. Следовательно, кратковременное включение подогревателя в работу в низкотемпературный период периодичностью 3 раза за рабочую смену позволит использовать гидравлическую систему поднятия платформы кузова автомобиля в комфортных

для безотказной работы условиях. Доказано, что установка предлагаемого устройства при температуре окружающего воздуха -35°C уменьшает время подъема платформы кузова с массой груза 10т гидравлической системой автомобиля КамАЗ-55111 на 31%, в сравнении с серийным автомобилем. Адаптации гидравлической системы автомобиля к низкотемпературным условиям эксплуатации, в частности гидроцилиндра подъёма платформы кузова самосвального автомобиля, даёт возможность повысить коэффициент использования энергии с 0,95 до 1,14.

5 Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль позволяет рекуперировать теплоту уходящих газов двигателя, преобразовать её в электрическую и тепловую энергию, обеспечивать автономную работу электрических подогревающих устройств и поддерживать оптимальную температуру электролита АКБ в зимних условиях. Электрический нагревательный элемент электрических подогревающих устройств производит максимальный нагрев корпуса теплового накопителя (демпфера) до 98°C за 360 мин – 6 ч. (максимальная температура нагрева обусловлена температурой начала плавления пластика корпуса демпфера), при этом нагрев корпуса АКБ составил 31°C , а электролита АКБ – 50°C . Установлено, что остывание элементов системы АКБ в течение 6 ч 40 минут составило: корпуса теплового накопителя от температуры 98°C до 0°C ; корпуса АКБ от температуры 31°C до $1,2^{\circ}\text{C}$; электролита АКБ с 50°C до $5,2^{\circ}\text{C}$. Предложены режимы использования рассматриваемого устройства в виде чередующихся этапов нагрева/остывания, что позволит использовать АКБ в наиболее благоприятном режиме при низкотемпературном использовании, увеличит их работоспособность, готовность к пуску и долговечность.

6. Результаты экспериментальных исследований по влиянию подогрева фильтра грубой очистки топливной системы автомобиля показали, что использование ленточного подогревателя позволяет после 45 минут его работы повысить температуру фильтра грубой очистки с -22°C до -5°C в населённых пунктах и с -24°C до -11°C при работе за их пределами.

5. Сравнительными хозяйственными испытаниями транспортного средства с установленными электрическими подогревающими устройствами - ленточным подогревателем фильтра грубой очистки топлива и ленточным подогревателем гидроцилиндра подъёма платформы кузова в реальных условиях эксплуатации установлено, что расход топлива на 100 км составил: у серийного автомобиля – 42,3 л, а у экспериментального – 39,7 л, то есть произошло совокупное уменьшение расхода топлива на 2,6 л за счёт снижения вязкости топлива, лучшей прокачиваемости в топливной системе дизельного автомобиля, снижения времени и расхода топлива при работе гидроцилиндра на разгрузке сыпучих грузов.

6. Экономическая и топливно-энергетическая оценка проведенных исследований показала, что в целом за зимний период эксплуатации экономия топлива на разгрузке сыпучих грузов составит 160 литров, что в рублёвом эквиваленте сформирует сумму в 7360 рублей. При этом снижение прямых энергозатрат при проведении операции равно 8432 МДж. С учётом вышеизложенного, за счёт комплексной адаптации автомобиля КамАЗ-55111 к зимним условиям эксплуатации экономия финансовых затрат совокупно составит сумму в 38351,5 рублей, а в энергетическом эквиваленте - 28967,8 МДж по сравнению с серийным вариантом энергетического средства.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации:

В изданиях индексируемых в международных базах данных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus:

1. A.V. Kucher Improvement of efficiency of use of wheeled transport vehicles in the agro-industrial complex / S.V. Shchitov, A.V. Kucher, P.V. Tikhonchuk, V.F. Kuzin, Z.F. Krivutsa, T.V. Panova, E.E. Kuznetsov, N.F. Dvoynova // Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems(JARDCS) ISSN:1943-023X, 13-Special Issue, 2018, pp. 707-714.

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:

2. Кучер А.В. Теоретические и экспериментальные исследования влияния электрического ленточного подогревателя на эксплуатационные параметры гидравлического механизма подъёма кузова самосвального автомобиля / Е.Е. Кузнецов, В.В. Самуйло, А.В. Кучер, А.И. Гончарук, С.Л. Дремина // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».-2019.-№ 1(35).- 0,64 п.л.(3,12 Мб).

3. Кучер А.В. Исследования повышения эффективности использования автотранспортного обеспечения агропромышленного комплекса в низкотемпературный период /А.В. Кучер, С.В. Щитов, В.В. Самуйло, Е.Е. Кузнецов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы.- 2020.-№ 2(26).-С.70-76.

4. Кучер А.В. Повышение пусковых качеств источников энергии автомобиля при адаптации к условиям низкотемпературного использования в агропромышленном комплексе / А.В. Кучер, З.Ф. Кривуца, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2021. -№ 4 (90). –С. 173– 178.

5. Кучер А.В. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах / А.В. Кучер, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Е.И. Решетник, Н.Ф. Двойнова // Дальневосточный аграрный вестник.-2021.-№ 3 (59).- С.86-92.

6. Кучер А.В. Оптимизация условий использования и повышение срока службы накопителей электрической энергии при их низкотемпературной эксплуатации / А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, А.С. Ижевский, С.В. Щитов, Е.И. Решетник // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо».- 2020.-№3(41).-0,56 п.л. (0,77 Мб).

7. Кучер А.В. Повышение надёжности транспортно-технологического процесса в зимний период эксплуатации автомобилей за счёт применения устройства коррекции теплового режима для секции аккумуляторных батарей / А.В. Канунников, А.В. Кучер, А.С. Ижевский, В. Н. Ковалевский, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2021.- № 2 (88).- С. 164–167.

8. Кучер А.В. Расчёт энергетической эффективности используемых в сельском хозяйстве транспортных средств, подготовленных к зимним условиям эксплуатации / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3 (45). -0,43 п.л. (0,44 Мб.).

9. Кучер А.В. Повышение эффективности использования энергетических средств на сельскохозяйственных перевозках в условиях низких температур / А.В. Кучер, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, А.А. Кислов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №3 (45).- 0,36 п.л. (0,35 Мб.).

10. Кучер А.В. Повышение эффективности использования грузовых автомобилей для вывоза сельскохозяйственной продукции в условиях низких температур / З.Ф. Кривуца, А.В. Кучер, А.И. Гончарук, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2021.- № 4 (90).- С. 167–172.

11. Кучер А.В. Результаты исследований по повышению эффективности использования энергетических средств в условиях низких температур [Электрон. ресурс] / А.В. Кучер, К.Е. Кузнецов, З.Ф. Кривуца, В.Г. Евдокимов, А.И. Гончарук, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_608.pdf.

12. Кучер А.В. Результаты исследований по расширению функциональных возможностей автомобилей семейства КамАЗ / А.С. Вторников, С.Н. Марков, А.В. Кучер, Н.В. Пономарев, О.А. Кузнецова, С.В. Щитов, Е.Е. Кузнецов [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_607.pdf.

13. Кучер А.В. Применение нефтяного энергетического эквивалента при оценке эффективности автотранспорта / С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца, Д.В. Гарипов,

Е.Е. Кузнецов, А.В. Кучер // АвтоГазоЗаправочный комплекс плюс альтернативное топливо.- 2020.- Том 19.-№4 С.174-176.

В иностранном научном журнале

14. Kucher A.V. Experimental studies of the effectiveness of the design for the cross-axle redistribution of the weight load of the car / S.V Shchitov, E.E Kuznetsov, Z.F Krivutsa, E. S. Polikutina, A.V. Kucher, N.V Ponomaryov, S.L. Dremina, A.I. Goncharuk // International Journal of Applied Engineering Research (IJAER) ISSN 0973-4562 Volume 14, pp. 16747-16752, Number 24 (2018).

Патенты на изобретение на полезную модель:

15. Кучер А.В. Тепловой накопитель для низкотемпературной эксплуатации аккумуляторных батарей: пат. № 2762041 Российская Федерация. 2021. Бюл. № 35.

16. Кучер А.В. Термоэлектрический автомобильный подогревающий модуль: пат. № 197094 Российская Федерация. 2020. Бюл. № 10.

в других научных изданиях:

17. Кучер А.В. Влияние низких температур окружающего воздуха на режимы работы гидравлических устройств энергетических средств / Н.В. Пономарев, Т.С. Савченко, А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов // 49я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (март 2019) Перспективные направления развития современной науки // Сборник научных работ 49й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, март 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — С.116-119.

18. Кучер А.В. Повышение эффективности выполнения транспортных работ в условиях низкотемпературной эксплуатации с применением термоэлектрических модулей рекуперации энергии / А.В. Кучер, С.В. Щитов, А.С. Ижевский, М.А. Авняв, Е.Е. Кузнецов // 65я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения Теоретические и практические вопросы современной науки. Сборник научных работ 65й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, июль 2020). -№ 7(65). — Москва: ЕНО, 2020. —С.117-120.

19. Кучер А.В. Формирование прямых энергозатрат транспортного средства, адаптированного к региональным условиям низкотемпературной эксплуатации / А.В. Кучер, З.Ф. Кривуца, Е.Е. Кузнецов, С.В. Щитов // 75я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения Стратегии устойчивого развития мировой науки. Сборник научных работ 75й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, май 2021). - № 4(74). — Москва: ЕНО, 2021.-С.32-35.

20. Кучер А.В. Применение термографических исследований по измерению распределения температурных полей дизельной силовой установки

V-образного типа, как диагностической основы технологического проектирования работоспособности технических систем и эффективной эксплуатации автомобильного транспорта / А.В.Кучер, А.И. Гончарук, Н.В. Пономарев, Е.Е. Кузнецов // 49я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (март 2019) Перспективные направления развития современной науки // Сборник научных работ 49й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, март 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — С.99-101.

21. Кучер А.В. Влияние устанавливаемых термоизоляционных компонентов на топливную экономичность и работоспособность технических средств и средств механизации при использовании в условиях низких температур / А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, А.В. Канунников, Р.В. Леонов, Т.С. Савченко // 51я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (апрель 2019) Стратегии устойчивого развития мировой науки. Сборник научных работ 51й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, май 2019). — Москва: ЕНО, 2019. — С.136-141.

22. Кучер А.В. Использование коэффициентов критериальной зависимости при экономической оценке эффективности автотранспортных грузоперевозок / А.В. Кучер, С.В. Щитов, З. Ф. Кривуца, Е.Е. Кузнецов // 59я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения (январь 2020) Наука и современность. Сборник научных работ 59й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, январь 2020). — Москва: ЕНО, 2020. —С.50-55.

23. Кучер А.В. К вопросу оптимизации материальных затрат и повышения работоспособности технических систем при доставке грузов в низкотемпературный период / С.В. Щитов, А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, М.А. Перфилов // 71я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения Наука и современность. Сборник научных работ 71й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, январь 2021). -№ 1(71). — Москва: ЕНО, 2021.-С.118-120.

24. Кучер А.В. Обеспечение доставки грузов в низкотемпературный период / А.В. Кучер, Е.Е. Кузнецов, М.А. Префилов // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона» материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки, Улан-Удэ, 04-10 февраля, 2021.- Изд. Бурятская сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова (Улан-Удэ).- 2021.- С. 112