

На правах рукописи



Стопорева Татьяна Александровна

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МОБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

Специальность 05.20.01 - Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул - 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Новоселов Александр Леонидович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки и техники РФ
В.И. Земсков (ФГО ВПО «Алтайский
государственный аграрный университет»)

кандидат технических наук, доцент
П.А. Патрин (ФГО ВПО «Новосибирский го-
сударственный аграрный университет»)

Ведущая организация: ГНУ «Алтайский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства»
Россельхозакадемии

Защита состоится «16» декабря 2010 года в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46. <http://www.alstu.ru>; ntsc@desert.secna.ru; sta.79@mail.ru; тел/факс (3852) 36-71-29

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по указанному адресу на имя ученого секретаря диссертационного совета Д 212.004.02.

Автореферат разослан и размещен на сайте <http://www.alstu.ru>
«13» ноября 2010 г

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.004.02
доктор технических наук, профессор



Л.В. Куликова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современное агропромышленное производство постоянно оснащается мобильной и стационарной техникой для осуществления механизации процессов во всех отраслях. Мобильные и стационарные энергетические установки оснащены тепловыми двигателями, в частности, дизелями выбрасывающими в окружающую среду: от 10 до 12 г/(кВт·ч) оксида углерода CO; от 20,5 до 30 г/(кВт·ч) оксида азота NO_x; от 2,3 до 8,0 г/(кВт·ч) углеводородов C_xH_y и от 0,8 до 2,0 г/(кВт·ч) твердых частиц ТЧ.

Это обстоятельство создает проблемную ситуацию, связанную с обеспечением требуемых параметров микроклимата в животноводческих помещениях при использовании мобильной техники для процессов механизации в сельскохозяйственном производстве, безопасных условий труда персонала, условий содержания животных.

Недостаточное обеспечение инженерными методами и оборудованием для защиты персонала и животных от вредного воздействия токсичных веществ, выбрасываемых двигателями в атмосферу, приводит к значительному ущербу в животноводстве.

Вопрос о последствиях использования техники с тепловыми двигателями в животноводческих помещениях в зимних условиях мало изучен. Если в ряде отраслей народного хозяйства успешно ведутся работы по применению различных инженерных методов для решения задач снижения дымности и токсичности двигателей мобильной техники, то в сельскохозяйственном производстве эти работы практически отсутствуют. В то же время решение проблемы должно приводить не только к обеспечению безопасных условий труда персонала, но и к снижению ущерба от негативного влияния отработавших газов на микроклимат животноводческих помещений, повышению выпуска товарной продукции и ее качества.

Микроклимат помещения определяется не только физическими факторами - температурой, влажностью, движением воздуха, но и химическими - концентрацией кислорода, углекислого газа, аммиака, сероводорода и др. Одним из критериев увеличения производства продуктов питания в животноводстве является оптимизация микроклимата, несоответствие которого санитарно-гигиеническим нормам приводит к снижению надоя молока на 12-20%, снижению среднесуточного привеса крупного рогатого скота на 10-20%.

Актуальность настоящей работы заключается в решении проблемы обеспечения оптимальных параметров микроклимата, без увеличения расхода приточного воздуха, при использовании мобильной техники с тепловыми двигателями для механизации процессов в животноводческом помещении.

Целью исследования - является повышение эффективности использования мобильных машин при механизации процессов в животноводческих помещениях путем обеспечения безопасности труда рабочих и содержания животных в зимний период при стойловом содержании.

Разрешение проблемы эффективности снижения техногенной нагрузки мобильной техники и улучшения безопасности труда при механизации процессов в животноводстве, путем разработки инженерных методов, потребовало сформулировать следующие **задачи исследования**:

1. Создать методики определения техногенной нагрузки и предотвращенного ущерба от негативного влияния на микроклимат животноводческих помещений вредных выбросов мобильной техники.

2. Разработать математические модели формирования вредных выбросов от параметров двигателей мобильных машин их регулировок и характеристик топлив.

3. Обосновать использование инженерных методов снижения вредных выбросов двигателей мобильных машин в окружающую среду животноводческих помещений.

4. Создать конструкции устройств, обеспечивающих использование инженерных методов для решения проблемы.

5. Обосновать выбор свойств материалов для каталитических блоков нейтрализаторов, обеспечивающих низкую стоимость и высокое качество очистки отработавших газов двигателей мобильных машин.

6. Создать экспериментальные установки для апробирования и оценки эффективности разработанных инженерных методов и устройств для снижения техногенной нагрузки на микроклимат животноводческих помещений.

Объект исследования - процесс загрязнения атмосферы животноводческих помещений с привязным содержанием коров, вредными выбросами мобильных машин при механизации работ.

Предмет исследования – изучение негативного влияния мобильных машин на безопасность труда и содержания животных при механизации технологических процессов в животноводческих помещениях.

Научную новизну работы представляют:

- методики определения техногенной нагрузки и предотвращенного ущерба создаваемой двигателями мобильных машин при механизации процессов в животноводстве;

- математические модели формирования вредных выбросов от параметров двигателей мобильных машин и распространения их в животноводческих помещениях;

- результаты исследований по использованию природного газа и каталитической очистки отработавших газов;

- результаты исследований влияния температуры и расхода отработавших газов на качество очистки газов;

- результаты исследований на созданных экспериментальных установках по снижению техногенной нагрузки и ущерба окружающей среде животноводческих помещений.

Настоящая работа выполнена по заказу Министерства образования и науки в рамках научно-исследовательской работы по теме: «Разработка мате-

математических моделей и направлений в области наук о рисках, повышения устойчивости технических систем и объектов снижения техногенного воздействия на окружающую среду», выполняемых при непосредственном участии автора в Алтайском государственном техническом университете (АлтГТУ) в период с 2006 по 2010 год.

Практическая значимость работы состоит в том, что:

- создание методики определения техногенной нагрузки и предотвращенного ущерба от загрязнения окружающей среды вредными выбросами мобильной техники при механизации процессов в животноводстве, позволяет при разработке инженерных методов снижения техногенной нагрузки производить оценку эффективности отдельных из них и в комплексах;

- разработка математических моделей формирования вредных выбросов от параметров двигателей мобильных машин и их регулировок и характеристик топлив, используемых при механизации работ в животноводстве, позволяет осуществлять малотоксичные регулировки и подбирать топлива для мобильных машин используемых в животноводстве, выбирать режимы эксплуатации по следующим параметрам: давление наддува, угол опережения впрыска, удельный эффективный расход топлива двигателя;

- разработанная конструкция каталитического нейтрализатора, компонемого в подкапотном пространстве тракторов позволяет доводить удельные выбросы по основным токсичным веществам до требуемых норм ГОСТ 17.2.2.05-97 и ГОСТ 17.2.2.02-98;

- обоснован выбор материалов для каталитических блоков с низким содержанием благородных и редкоземельных металлов (РЗМ).

Реализация и внедрение результатов исследований. Оборудование, созданное при выполнении диссертационной работы, используется в учебном процессе и при выполнении научных исследований в АлтГТУ.

Разработанные в диссертации инженерные методы приняты к внедрению крестьянским (фермерским) хозяйством «Заздравных» в п. Советское, Алейского района, Алтайского края и крестьянским хозяйством «Золотарь» в с. Бельмесево, Алтайского края.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на трех международных, шести всероссийских и других научных (научно-технических) конференциях. Основными из них являются: приоритетные направления науки и техники, прорывные и критические технологии «Энергетические, экологические и технологические проблемы экономики» //Материалы Всероссийской н-п конф. с международным участием, Барнаул, 2007; программа У.М.Н.И.К. Третья Международно-практической конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы (ВИС-2008)», Барнаул; 5-я, 6-я, 7-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» (НИМ-2008, 2009, 2010гг.), Барнаул; 10-я городская научно-практическая конференция молодых ученых «Молодежь-Барнаулу» (2008 г.); научное творчество студентов и сотрудников автотранс-

портного факультета /67-я н-т конф. студ, аспирант, и ППС тех. ун-та, посвященная 200-летию транспортного образования в России. Ч1 – Барнаул: АлтГТУ 2009; 5-ая международная научно-практическая конференция «Аграрная наука – сельскому хозяйству», АГАУ, Барнаул - 2010 г; VII Всероссийская научно-техническая конференция "Наука и молодежь - 2010", Секция "Автомобили, транспорт, сельхозмашины", АГТУ, Барнаул - 2010.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 22 печатных работах, в том числе 2 статьи в журналах рекомендованных перечнем ВАК.

Структуры и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов по работе. Текст диссертации изложен на 167 страницах машинописного текста, включает 42 рисунка, 34 таблиц, 166 наименований использованной литературы.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты планирования эксперимента и математические модели формирования вредных выбросов мобильных машин от параметров двигателей, регулировок подачи и характеристик топлив, используемых при механизации работ в животноводстве;

- методики определения техногенной нагрузки и предотвращенного ущерба от негативного влияния на микроклимат животноводческих помещений вредных выбросов мобильной техники при механизации процессов;

- результаты оценки безопасности содержания животных и условий работы персонала, при использовании мобильной техники для механизации процессов;

- результаты влияния разработанных инженерных методов на уровни вредных выбросов двигателей мобильных машин и необходимый воздухообмен в животноводческих помещениях;

- обоснование выбора свойств материалов для каталитических блоков нейтрализаторов при низкой стоимости и высоком качестве очистки газов мобильных машин;

- результаты оценки ущерба наносимого окружающей среде животноводческого помещения в случае использования разработанных инженерных методов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемых в диссертационной работе задач, сформулирована цель и задачи исследования, показана научная новизна, определен объект и предмет исследования, сформулированы основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава включила в себя анализ работ, выполненных по тематике рассматриваемой проблемы.

Обеспечению экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве посвящен целый ряд работ - П. Бертокса, Г.К. Волкова, Г.П. Дегтярева, О.Н. Елгаева, В.А. Лиханова, А.Л. Новоселова, В.И. Земскова, А.А. Мельберт, Н.С. Маликовой и других авторов, в том числе вопросам разраба-

тываемых требований и оценочных экологических показателей. В данной работе рассматривается улучшение параметров микроклимата путем разработанных каталитических методов очистки отработавших газов.

Проанализировано состояние вопроса об антропогенном воздействии двигателей мобильных машин, выбрасывающих вместе с отработавшими газами вредные вещества в окружающую среду и атмосферу животноводческих помещений. Нарушая микроклимат животноводческих помещений вредные вещества отработавших газов дизелей неблагоприятно воздействуют на здоровье и продуктивность животных.

На основе анализа ряда зарубежных и отечественных ученых, рассмотрены пути повышения эффективности работы мобильной техники методом эффективной каталитической очистки отработавших газов дизелей от вредных выбросов. Обосновано применение природного газа в качестве топлива для дизелей мобильных машин совместно с оснащением систем выпуска каталитическими нейтрализаторами.

Во второй главе представлены результаты физического моделирования. Разработана модель загрязнения окружающей среды вредными выбросами дизелей мобильных машин, используемых для механизации технологических процессов в животноводстве, позволяющая решать задачи определения концентраций отработавших газов в любой точке как на открытом пространстве, так и в животноводческих помещениях. Концентрации токсического вещества с учетом времени эксплуатации дизеля в помещении описаны уравнением для дизеля с наддувом:

$$C_f^п = \left(C_f^н - \frac{4,148 \cdot 10^{-2} \cdot G_T \cdot T_K (\alpha + 0,0675)}{M_B \cdot P_K} \right) \cdot \exp\left(\frac{M_B}{V_п} \cdot \tau\right) + \frac{4,148 \cdot 10^{-2} (\alpha + 0,0675) G_T \cdot T_K}{M_B \cdot P_K C_f^{-1}} \quad (1)$$

где $C_f^н$ - начальная концентрация f-го токсичного вещества; M_B - количество подаваемого системой вентиляции воздуха, $m^3/ч$; $V_п$ - объем помещения, m^3 , T_K - температура воздуха после компрессора, К; G_T - часовой расход топлива, $кг/ч$; α - коэффициент избытка воздуха; P_K - давление воздуха после компрессора, МПа.

Расчет ущерба, наносимого окружающей среде животноводческого помещения, производился по выражению:

$$W_{ущ.} = 10^3 \cdot \Omega_{ог} \cdot d_{пкы} \cdot \sigma \cdot M_{ог}/R_p, \text{ тыс. руб. в год}, \quad (2)$$

где $\Omega_{ог}$ - размерная константа перевода бальной оценки ущерба в экономический; $d_{пкы}$ - коэффициент учета природно-климатических условий; σ_p - коэффициент учитывающий относительную опасность загрязнения атмосферы в зависимости от рельефа местности.

Величина выбросов вредных веществ в атмосферу дизелем определяется по выражению: $M_{ог} = \sum_{f=1}^f A_f \cdot m_f \cdot \psi_f, \text{ уг/г}, \quad (3)$

где A_f - коэффициент агрессивности вредных веществ, ψ_f - коэффициент бинарности. Расчет годовых выбросов f-го компонента за расчетный период про-

изводится по выражению:

$$m_f = 15,03 \cdot 10^{-12} \cdot T_\Gamma \sum_{m=1}^m G_{Tm} \frac{T_{Km}}{P_{Km}} (\alpha_m + 0,0675) \cdot \tau_m \cdot c_{fm}, \text{ ут/г}, \quad (4)$$

где T_Γ - средняя годовая продолжительность эксплуатации в расчетный период; m - количество характерных режимов; G_{Tm} - часовой расход топлива на m -том режиме эксплуатации; c_{fm} - выбросы f -го вещества на m -том режиме, г/м³; α_m - коэффициент избытка воздуха на m -том режиме эксплуатации.

В главе 3 описаны разработки методики обследования уровней загрязнения воздушной среды двигателя мобильной техники, используемой при механизации технологических процессов в животноводстве при стойловом содержании скота.

Были обследованы уровни загазованности зон животноводческих помещений (рисунок 1). В-1, В-2, В-3, В-4, В-5 - вертикальные зоны обследования, а Г-1, Г-2, Г-3, Г-4, Г-5 - горизонтальные плоскости. Зона В-3 представляет собой центр прохода машинотракторного агрегата (МТА) - 4,75 м от стены; В-2, В-4 - это зоны дыхания животных - 2,95 м от стены; В-1 и В-5 - зоны над каналами навозоудаления. Горизонтальная плоскость Г-1 расположена в зоне вентиляции; Г-2 - уровень выбросов газов из трубы МТА - 2,8 м от пола; Г-3 - зона дыхания человека - 1,7 м; Г-4 - плоскость дыхания животных - 1,1 м от уровня пола; Г-5 это зона над каналами навозоудаления находится на 40 см от пола (проект здания 801-2-104.13.87).

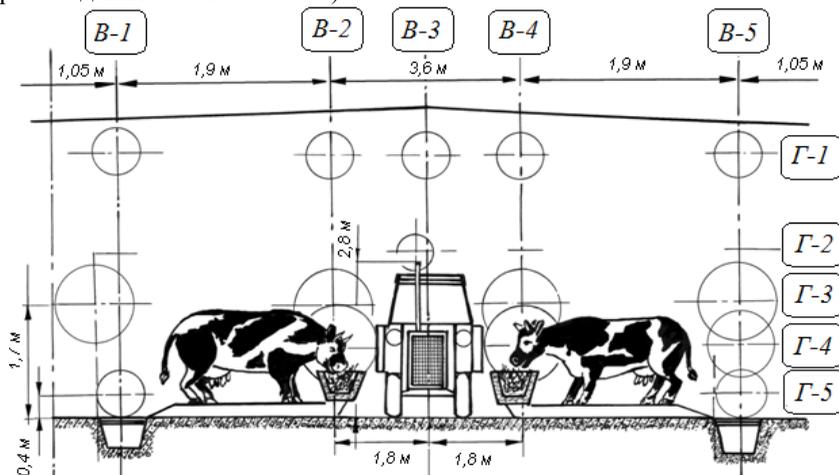
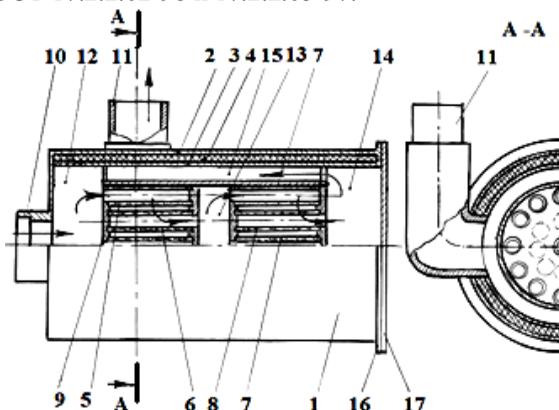


Рисунок 1 - Схема зон обследования воздушной среды в животноводческих помещениях

Разработана экспериментальная установка с дизелем Д-245 для апробации инженерных решений, предназначенных для снижения вредных выбросов с отработавшими газами, представляющая собой дизель с тормозным устройством, оснащенный измерительной аппаратурой согласно ГОСТ 18509-88, до-

полнительно оборудованный газовым смесителем, каталитическим нейтрализатором и приборами для измерения дымности и токсичности отработавших газов согласно ГОСТ 17.2.2.02-98 и 17.2.2.05-97.



1-корпус; 2-внешние и 3-внутренние стенки; 4- теплоизоляция между ними; 5-блоки фильтрации твердых частиц, с 6-пористыми проницаемыми металлокерамическими окислительным, 7-восстановительным, 8 -окислительно-восстановительным блоками, 9-поперечные перегородки со сквозными окнами, 10-входные и 11-выходные патрубки; 12, 13, 14, 15-промежуточных плоскостей; 16-фланцы и 17- крышка

Рисунок 2 - Конструкция нейтрализатора для тракторного дизеля Д-245

Таблица 1 -Воздействие каталитической очистки отработавших газов дизеля Д-245 в нейтрализаторе, изготовленном с применением СВС-фильтров из разработанного материала на основе оксида железа с добавлением Cu, Cr₂O₃, Cr, Ni, Al, Ir, Rh

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт·ч)						Степень превышения допустимых выбросов	
	Допустимые выбросы			ДТ без КН	ПГ с частичной подачей ДТ	С КН ОГ	ЕВРО-3 ДТ без КН / ПГ / ДТ с КН	ЕВРО-4 ДТ без КН / ПГ / ДТ с КН
	ЕВРО-3	ЕВРО-4	ЕВРО-5					
$q_{\text{оц.}} NO_x$	5,00	3,50	2,00	15	10	3,12	3/2/0,6	4,3/2,3/0,9
$q_{\text{оц.}} CO$	2,10	1,50	1,50	1,3	0,31	0,1	0,6/0,14/0,05	0,87/0,2/0,07
$q_{\text{оц.}} C_xH_y$	0,60	0,46	0,25	0,5	2,8	0,43	0,8/4,7/0,72	1/6/0,93
$q_{\text{оц.}} TЧ$	0,10	0,02	0,02	1,2	0,4	0,018	12/4/0,18	60/20/0,9

Учитывая опыт Алтайского государственного технического университета по созданию устройств для каталитической очистки газов, была разработана конструкция каталитического нейтрализатора для трактора МТЗ-82 с дизелем Д-245, он хорошо компонуется под капотом и сохраняется координата расположения выхлопной трубы (рисунок 2).

Проведена предварительная проверка эффективности очистки газов в каталитическом нейтрализаторе, подтвердившая высокое качество очистки.

Из данных таблицы видно, что с применением каталитического нейтрализатора, соблюдаются нормы ЕВРО стандартов.

Для получения моделей вредных выбросов по отдельным компонентам отработавших газов применено математическое планирование эксперимента.

При планировании эксперимента был выбран ортогональный план второго порядка Бокса-Уилсона. Построением ортогонального плана второго порядка были найдены оптимальные условия, при которых отклик принимает максимальное значение, в заданном факторном пространстве.

Таблица 2 - Интервалы варьирования факторов для газодизельного Д-245 с установленным КН

P _к		Θ		g _с	
Z ₁		Z ₂		Z ₃	
нижний	верхний	нижний	верхний	нижний	верхний
0,15	0,18	26	31	192	209

В результате планирования эксперимента получены многофакторные математические модели описывающие концентрации вредных веществ для двигателя Д-245 работающего на природном газе (ПГ) с установленным КН:

$$\hat{y}_{NO_x} = 6,67P_k - 0,005\Theta \cdot g_c + 0,94\Theta + 0,71g_c - 0,001g_c^2 - 83,2; \quad (5)$$

$$\hat{y}_{CO} = 30P_k + 0,06g_c - 89P_k^2 - 0,002\Theta^2 + 0,09\Theta - 0,0001g_c^2 - 9,9; \quad (6)$$

$$\hat{y}_{CH} = 1,2 P_k \cdot g_c - 0,03\Theta - 224,2 P_k - 0,184g_c + 35,4 \quad (7)$$

$$\hat{y}_{TЧ} = 1,3 P_k + 0,002g_c + 0,003\Theta^2 - 0,18\Theta + 1,96 \quad (8)$$

Таблица 3 - Значения критерия Фишера

	NO _x	CO	CH	ТЧ
F _{расч}	3,59	2,78	1,83	2,14
F _{таб}	3,6	3,6	3,6	3,6

Проверку адекватности провели при помощи критерия Фишера, как видно из таблицы 3, гипотеза об адекватности не отвергается.

Полученные аппроксимирующие зависимости для двигателя, работающего на природном газе с установленным каталитическим нейтрализатором позволяют всесторонне оценить токсичность двигателей при любых сочетаниях параметров: давления наддувочного воздуха - P_к, МПа; угла опережения впрыска - Θ, °; удельного эффективного расхода топлива - g_с, г/кВт·ч.

В результате планирования эксперимента для двигателя Д-245 работающего на природном газе с установленным КН были получены рациональные значения параметров: P_к = 0,14 МПа; Θ = 28,5°; g_с = 188 г/кВт·ч. При этих значениях выбросы вредных концентраций NO_x, CO, CH и ТЧ соответствуют стандартам ГОСТов: 0,4 < NO_x < 1; 0,18 < CH < 1,1; 0,02 < CO < 0,1; 0,02 < ТЧ < 0,11. Из этого следует, что перевод двигателя Д-245 на природный газ с установкой каталитического нейтрализатора, плюс применение рациональных параметров согласно планирования эксперимента - P_к, Θ, g_с, приведет к значительному уменьшению выбросов NO_x, CO, CH и ТЧ (рисунок 3).

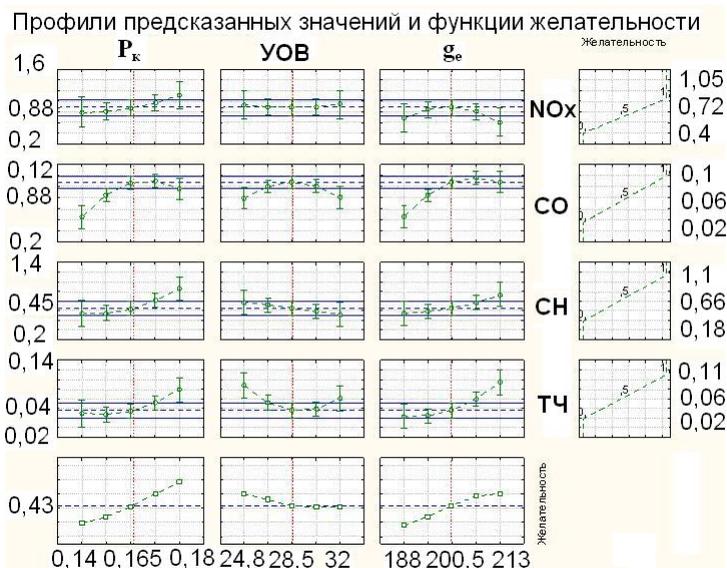


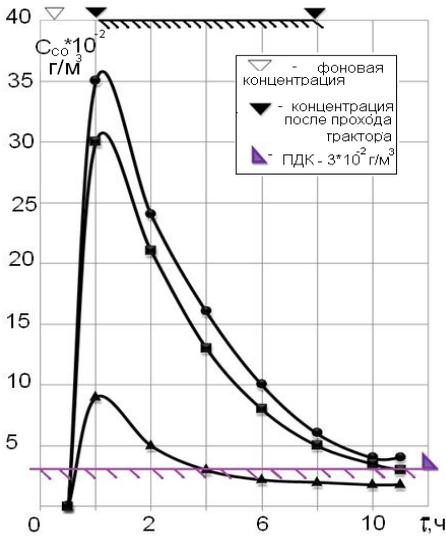
Рисунок 3 - Профили предсказанных значений и обобщенные графики желательности по концентрациям NO_x , CO, CH и TЧ для двигателя Д-245 работающего на природном газе с установленным катализатором

В результате проведенных работ была создана методическая, экспериментальная и приборная база, обеспечивающая достоверность проведенных исследований и получены результаты рационализации методом планирования эксперимента.

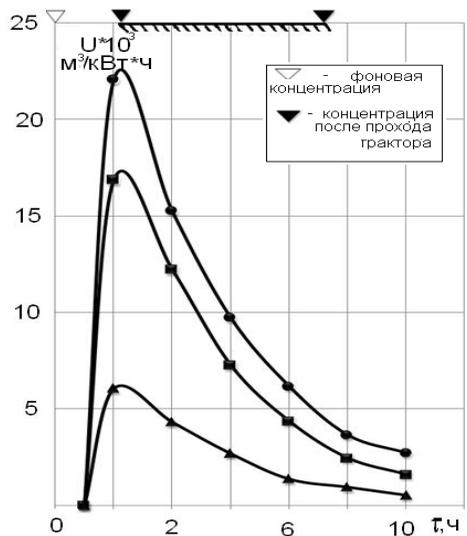
В четвертой главе приведены результаты экспериментального исследования уровней вредных выбросов дизеля Д-245 и выбора каталитических материалов для нейтрализаторов.

Таблица 4-Сравнение оценочных показателей вредных выбросов с отработавшими газами дизеля Д-245 при работе на дизельном и газообразном топливе

Оценочные удельные выбросы по компонентам	Нормы выбросов по ГОСТ 17.2.2.02-98 и ГОСТ 17.2.2.05-97 г/(кВт·ч)		Действительные выбросы, г/(кВт·ч)		Превышение норм стандартов	
	Тракторные дизели в составе МТА	Дизели в условиях ограниченного воздухообмена	Работа на Дизельном топливе	Работа на природном газе	Тракторные дизели в составе МТА	Дизели в условиях ограниченного воздухообмена
$q_{\text{оц}}, NO_x$	18,0	9,0	15	10	0,83/0,56	1,67/1,1
$q_{\text{оц}}, CO$	10,0	4,0	1,3	0,31	0,13/0,031	0,3/0,08
$q_{\text{оц}}, C_xH_y$	3,0	1,5	0,5	2,8	0,17/0,9	0,3/1,9
$q_{\text{оц}}, TЧ$	0,35	0,35	1,2	0,4	3,4/1,14	3,4/1,14



—●— на дизельном топливе; —■— на природном газе; —▲— на природном газе и установкой каталитического нейтрализатора отработавших газов
Рисунок 4 - Изменение концентрации оксида углерода в зоне дыхания животных при проходе трактора МТЗ-82



—●— на дизельном топливе; —■— на природном газе; —▲— на природном газе и установкой каталитического нейтрализатора отработавших газов
Рисунок 5 - Значение необходимой подачи дополнительного воздуха в зону дыхания животных при использовании трактора МТЗ-82

Величина удельного нормообъема U ($\text{м}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$) характеризует количество дополнительного воздуха, необходимого для разбавления концентраций вредных веществ до безвредных, в единицу времени. Значения U после прохода трактора на дизельном топливе возросла в 17,3 раза, а при применении нейтрализатора и природного газа в качестве топлива всего в 4,7 раза.

Таблица 5 - Данные о нормообъемах при использовании отдельных инженерных методов воздействия на вредные выбросы тракторного дизеля в атмосферу животноводческого помещения

Варианты инженерных решений	Суммарный нормообъем и его составляющие ($\text{м}^3/\text{кВт}\cdot\text{ч}$)				
	U_{Σ}	U_{NOx}	U_{CO}	U_{CxHy}	$U_{\text{Tч}}$
Работа на ДТ	22054	12928	6184	2008	934
Доля, %	100	58,6	28	9,1	4,3
Работа на ПГ	16849	10260	5301	1066	222
Доля, %	100	60,9	31,5	6,3	1,3
Работа на ПГ с КН	6053	4104	1590	226	133
Доля, %	100	67,8	26,3	3,7	2,2

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что использование предлагаемых инженерных методов приводит к снижению значений суммарного нормообъема на 72,5% и первоочередное внимание необходимо уделять снижению выбросов оксидов азота и оксидов углерода.

В результате экспериментального исследования обнаружены закономерности изменения концентрации отдельных веществ в зоне дыхания животных по времени τ , ч после прохода трактора МТЗ-82 в агрегате с кормораздатчиком, работающего на природном газе с установленным каталитическим нейтрализатором (КН). Закономерности описаны выражениями:

$$C_{\text{NO}_x}^{\text{пгн}} = 0,005\tau^5 - 0,15\tau^4 + 1,6\tau^3 - 7,1\tau^2 + 8,9\tau + 18,4, \text{ г/м}^3; \quad (9)$$

$$C_{\text{CO}}^{\text{пгн}} = 0,003 \tau^5 - 0,09 \tau^4 + 0,9 \tau^3 - 3,5 \tau^2 + 3,2 \tau + 8, \text{ г/м}^3; \quad (10)$$

$$C_{\text{CH}}^{\text{пгн}} = 0,006 \tau^3 - 0,04 \tau^2 + 0,05 \tau + 0,12, \text{ г/м}^3; \quad (11)$$

$$C_{\text{ТЧ}}^{\text{пгн}} = -0,006\tau^4 + 0,12\tau^2 - 0,75\tau^2 + 1,01\tau + 2,23, \text{ г/м}^3. \quad (12)$$

Аналогичные зависимости получены для работы двигателя на дизельном топливе. На рисунке 4 показано изменение концентраций оксида углерода после прохода трактора, по этой аналогии были построены графики для NO_x , CH и ТЧ .

Проведена экспериментальная оценка и выбор составов материалов для каталитических блоков нейтрализатора. Основными требованиями к эффективности каталитической нейтрализации являлась высокая степень очистки отработавших газов от оксидов азота.

Подобран состав шихты для получения каталитических блоков нейтрализатора, содержащий Fe_2O_3 - 47,5%, Cr_2O_3 - 18,3%, Cr - 6%, Ni - 6%, Al - 18%, Ir - 0,1%, Rh - 0/1%, Cu - 4%.

Определено влияние температуры и расхода газов на качество очистки от вредных веществ, экспериментально подобран состав шихты с низким содержанием благородных и РЗМ.

Проведена технико-экономическая оценка результатов исследования и сравнения экономических показателей по технологии за период стойлового содержания (зимний период равный 230 дням) при работе двигателя Д-245 в составе МТА на дизельном топливе без применения катализатора и при работе на природном газе с применением каталитического нейтрализатора.

Ущерб наносимый окружающей среде животноводческого помещения составил $W_{\text{ущдт}} = 206$ тыс. руб/расч. пер. - Д-245, дизельное топливо; $W_{\text{ущпгкн}} = 12$ тыс. руб/расч. пер. - Д-245, природный газ с катализатором.

В результате проведенных расчетов было выявлено, что применение КН отработавших газов при выполнении технологических процессов в животноводстве путем механизации мобильными машинами, сократило общий предотвращенный экологический ущерб окружающей среде животноводческого помещения на 194 тыс. руб за расчетный зимний период стойлового содержания.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Созданы методики определения техногенной нагрузки и предотвращенного ущерба от загрязнений микроклимата животноводческого помещения вредными выбросами мобильной техники при механизации процессов, в результате был рассчитан ущерб окружающей среде животноводческого помещения при работе на дизельном топливе - $W_{\text{ущ,дт}} = 206$ тыс.руб./ расч. период; с применением комплекса природный газ и нейтрализатор - $W_{\text{ущ,пгн}} = 12$ тыс.руб./ расч. период.

2. Обосновано использование инженерных методов снижения вредных выбросов двигателей мобильных машин в атмосферу при конвертировании двигателя Д-245 для работы на природном газе с установкой в подкапотное пространство каталитического нейтрализатора отработавших газов.

3. Обоснован выбор материалов для каталитических блоков - Cu - Cr - Pd, справедливость которого подтверждается экспериментальными исследованиями, показавшее, что при использовании природного газа удельные выбросы снижаются по оксидам азота на 62-80%, оксидам углерода на 74-78%, углеводородам на 72-85%, твердым частицам до 78%, что приводит к выполнению требований ГОСТ 17.2.2.02-98.

4. Создана экспериментальная установка с дизелем Д-245 для оценки вредных выбросов с отработавшими газами. В результате экспериментов доказано, что комплексное использование природного газа с КН приводит к выполнению ГОСТ 17.2.202-98 для помещений с определенным нормообъемом, что повышает эффективность использования мобильной техники в животноводческом помещении путем соблюдения параметров микроклимата, улучшения условий работы персонала и содержания животных.

5. Разработаны математические модели формирования вредных выбросов двигателей мобильных машин от параметров, регулировок и характеристик топлив при механизации работ в животноводстве. В результате получены аппроксимирующие зависимости от давления наддувочного воздуха, угла опережения впрыска и удельного эффективного расхода топлива, которые дают возможность построить универсальные характеристики для оценки экологических показателей двигателей, позволяющие в процессе проектирования и подготовки технологических карт оценивать уровень загрязнений в конкретных точках помещений. В результате планирования стало ясно, что нахождение параметров рационализации дизеля Д-245 не дает нужного экологического эффекта в отличие от того же двигателя работающего на природном газе с установленным каталитическим нейтрализатором. В совокупности применение инженерных методов в виде конвертирования двигателя на природный газ с установкой каталитического нейтрализатора и применение рациональных параметров $P_k = 0,14$ МПа; $\Theta = 28,5^\circ$; $g_e = 188$ г/кВт·ч, приводит к значительному уменьшению вредных выбросов по нормируемым компонентам: $0,4 < NO_x < 1$; $0,18 < CH < 1,1$; $0,02 < CO < 0,1$; $0,02 < TЧ < 0,11$.

6. Расчет экономии от ущерба окружающей среде животноводческого помещения в случае использования разработанных инженерных методов составляет 194 тыс. руб. Экономическая эффективность от применения комплекса инженерных методов составила 41,9 тыс. руб. за расчетный зимний период стойлового содержания.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

В изданиях по перечню ВАК:

1. **Стопорева, Т.А.** Методика оценки распространения в атмосфере и на поверхности почв токсичных веществ, выбрасываемых отработавшими газами дизеля [Текст]/ Т.А Стопорева., А.Л. Новоселов // Вестник АГАУ. - 2010. - № 5 (67). - С. 57-61.

2. **Стопорева Т.А.** Исследование последствий использования мобильной техники при механизации процессов в животноводческих помещениях [Текст] // Вестник АГАУ. - 2010. - № 12 (74). - С.70 -72.

В других изданиях:

3. **Стопорева, Т.А.** Уровни вредных выбросов транспортных дизелей. [Текст] / Т.А. Стопорева, Н.Н. Грабовская, А.А. Унгефук, Ю.В. Павлова // Ползуновский вестник. - 2009. - № 1-2. - С. 88-92.

4. Новоселов, А.Л. Использование СВС- материалов для каталитической очистки отработавших газов дизелей. [Текст]/А.Л. Новоселов, **Т.А. Стопорева**, Н.Н. Грабовская// Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.-2008. -№ 1.-С. 191-194.

5. **Стопорева, Т.А.** Воздействие средств механизации в животноводческих помещениях на обслуживающий персонал и животных // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберт / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.10-14.

6. **Стопорева, Т.А.** Исследования эффективности инженерных методов снижения токсичности дизелей/ Т.А. Стопорева, Д.С. Печенникова // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберт / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.46-52.

7. **Стопорева, Т.А.** Оценка безопасности содержания животных и условий работы персонала при использовании мобильной техники для механизации процессов // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в жи-

вотноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберг / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010.-С.26-31.

8. **Стопорева, Т.А.** Программа, методики проведения исследований и экспериментальная установка/ Т.А. Стопорева, Г.В. Медведев, Н.Н. Грабовская // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберг / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.40-46.

9. **Стопорева, Т.А.** Санитарно-гигиенические требования к содержанию сельскохозяйственных животных в помещениях / Т.А. Стопорева, А.А. Мельберг// Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберг / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.5-10.

10. **Стопорева, Т.А.** Снижение техногенной нагрузки путем каталитической нейтрализации отработавших газов автомобилей /Стопорева Т.А., Большанина Ю.П., Грабовская Н.Н.//Ползуновский альманах, № 4, 2008- С. - 88-89

11. Мельберг, А.А. СВС - технологии для получения пористых каталитических материалов/А.А. Мельберг, А.А. Жуйкова, А.А. Новоселов, **Т.А. Стопорева**// Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей/ под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова/ Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул, 2007. - С.21-27.

12. Мельберг, А.А. Разработка методики оценки ущерба окружающей среде при использовании тепловых двигателей при механизации процессов в животноводстве / А.А. Мельберг, **Т.А. Стопорева**, К.С. Боков // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберг / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.31-35.

13. Мельберг, А.А. Уровни вредных выбросов тракторного дизеля в атмосферу животноводческого помещения /А.А. Мельберг, А.А. Жуйкова, **Т.А. Стопорева** // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А.Мельберг / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.52-58.

14. Мельберг, А.А. Содержание родия в блоках и качество очистки отработавших газов дизеля/ А.А. Мельберг, С.Н. Павлов, **Т.А. Стопорева** и др.// Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей/ под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова/ Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул, 2009. - С.36-41.

15. Новоселов, А.Л. Возможности снижения техногенной нагрузки, создаваемой вредными выбросами дизеля, за счет их каталитической нейтрализа-

ции / А.Л. Новоселов, М.Л. Тихомиров, **Т.А. Стопорева**, А.А. Жуйкова // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова / Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова - Барнаул, 2008. - С. 13-28.

16. Новоселов, А.Л. Модель загрязнения окружающей среды вредными выбросами тепловых двигателей в составе мобильных машин при механизации процессов в животноводстве / А.Л. Новоселов, **Т.А. Стопорева**, Н.Н. Грабовская // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А. Мельберт / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.20-26

17. Новоселов, А.Л. Оценка эффективности использования медноникелевого сплава при очистке отработавших газов дизеля/ А.Л. Новоселов, Л.С. Шуцкая, **Т.А. Стопорева** // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: Сб. статей; под ред. д.т.н., профессора, академика РАТ А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. - С. 83-88.

18. Новоселов, А.Л. Расход газов и каталитические свойства комплексов металлов в составе СВС-блоков нейтрализаторов для дизелей / А.Л. Новоселов, **Т.А. Стопорева**, Н.П. Тубалов // Ползуновский альманах.-2009.- №3, Т.1. - С.111-113.

19. Новоселова, Н.Д. Оценка каталитических свойств СВС-материалов/ Н.Д. Новоселова, А.А. Жуйкова, **Т.А. Стопорева** // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей/ под ред. д.т.н., профессора, академика А.Л. Новоселова/ Академия транспорта РФ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул, 2007. - С.35-39.

20. Павлова, Ю.В. Экспериментальная оценка и выбор составов материалов для каталитических блоков нейтрализатора /Ю.В. Павлова, С.Н. Павлов, **Т.А. Стопорева** // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: Сб. статей / Под ред. д.т.н., профессора, А.А. Мельберт / Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С.66-78.

21. Печенникова, Д.С. Эффективность использования палладия при очистке отработавших газов дизеля/ Д.С. Печенникова, А.А. Жуйкова, **Т.А. Стопорева** и др. // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: Сб. статей; под ред. д.т.н., профессора, академика РАТ А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. - С23-30.

22. Титов, Д.Н. Оснащение установок для оценки эффективности очистки газов дизелей/Д.Н. Титов, Д.С. Печенникова, **Т.А. Стопорева** // Ползуновский альманах. - 2009. - № 3,Т.1 - С. 103-105.