

На правах рукописи



БОКОВ КОНСТАНТИН СЕРГЕЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В
АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Барнаул
2014

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Мельберг Алла Александровна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Беляев Владимир Иванович
(ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»)

кандидат технических наук, профессор
Патрин Петр Александрович
(ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»)

Ведущая организация: филиал ФГУ «Россельхозцентр» по Алтайскому краю

Защита состоится 16 декабря 2014 года в 10⁰⁰ часов (ауд. 302 «В») на заседании диссертационного совета Д 212.004.02 при ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46. <http://www.altstu.ru>; ntsc@desert.secna.ru; elnis@inbox.ru; bokovks@mail.ru; тел/факс (3852) 36-71-29.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова» и на сайте <http://www.altstu.ru/media/f/Dissertaciya-Bokova-KS.pdf>

Автореферат разослан « 15 » октября 2014 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Л.В. Куликова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие сельскохозяйственного производства предопределяет развитие механизации производственных процессов в зерноскладах, которые можно отнести к помещениям с ограниченным воздухообменом.

В зерноскладах широко используется мобильная техника с дизелями, которые выбрасывают в атмосферу производственных помещений от 20 до 30 г/(кВт·ч) оксидов азота NO_x; от 10 до 12 г/(кВт·ч) оксида углерода CO; 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.

Исходя из требований создания безопасных условий труда, соблюдения требований экологической безопасности, в помещениях с ограниченным воздухообменом должен поддерживаться определенный микроклимат. Обнаруживается недостаточное обеспечение мобильных машин, используемых при механизации работ в зерноскладах.

Актуальность настоящей работы заключается в решении проблемы создания безопасных условий труда в зерноскладах при механизации производственных процессов с использованием мобильных машин.

Проведенная оценка влияния вредных выбросов дизелей сельскохозяйственных машин на условия труда механизаторов и окружающую среду ставит задачи по выполнению существующих норм выбросов, за счет применения специально разработанных технических средств, для безопасного проведения механизированных работ в зерноскладах.

Наличие продуктов неполного сгорания, оксидов азота и бенз(а)пирена в атмосфере производственных помещений, которые выбрасывают в атмосферу с отработавшими газами двигатели мобильных машин, приводит к росту заболеваемости сельских механизаторов до 37 % от суммарной и преждевременному выходу на пенсию. Профессиональная заболеваемость сельских тружеников привела к тому, что за 10-12 лет до наступления пенсионного возраста 70 % обученных и высококвалифицированных механизаторов оставляют работу трактористов или гибнут в результате несчастных случаев на производстве, от полученных профессиональных заболеваний, росту которых способствует несовершенство техники для механизации сельского хозяйства.

Исходя из требований создания безопасных условий труда, в помещениях с ограниченным воздухообменом должен поддерживаться определенный микроклимат. Обнаруживается недостаточное обеспечение экологической безопасности инженерными методами и техническими средствами мобильных машин, используемых при механизации погрузочно-разгрузочных работ в зерноскладах.

Воздействию мобильных машин на окружающую среду следует уделять особое внимание, так как рассеивания вредных веществ происходит вблизи работающей техники и зоне дыхания механизаторов. В настоящее время сис-

темой кондиционирования кабин оснащено только 12-15 % с/х техники. Через неплотности кабины, технологические отверстия, выходы педалей и рычагов, ОГ и пыль попадают внутрь кабины. Запыленность в отдельных случаях, по данным аттестации рабочих мест может достигать 60 мг/м^3 (при ПДК = 4 мг/м^3) атмосферного воздуха.

Поэтому проблема обеспечения экологической безопасности при эксплуатации мобильной техники в зерноскладах, является актуальной.

Проведенная оценка влияния вредных выбросов дизелей сельскохозяйственных машин на условия труда механизаторов и окружающую среду ставит задачи по выполнению существующих норм выбросов за счет применения специально разработанных технических средств для безопасного проведения механизированных работ в зерноскладах.

Цель работы состоит в повышении экологической безопасности и улучшении условий труда механизаторов за счет снижения уровня вредных выбросов мобильной техники в окружающую среду путем применения антидымных присадок в топливо и каталитической очистки отработавших газов дизелей мобильных сельскохозяйственных машин, применяемых для механизации технологических процессов в зерноскладах.

Для выполнения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Оценить наличие и уровень вредных факторов в помещении зерносклада на рабочих местах операторов мобильных машин при проведении технологических операций.

2. Создать методику оценки экологической безопасности помещений зерноскладов при использовании мобильных машин.

3. Оценить изменение физиолого-биохимических показателей пшеницы от воздействия вредных выбросов двигателей мобильных машин.

4. Модернизировать и уточнить экологическую модель дизеля для прогнозирования загрязнения воздушной среды зерносклада при механизации технологических операций.

5. Создать устройства для снижения вредных выбросов мобильных машин, эксплуатируемых в производственных помещениях зерноскладов.

6. Оценить эффективность разработанных устройств для снижения вредных выбросов, антидымных присадок и довести уровень выбросов двигателей мобильных машин до нормативных значений.

Объект исследования - процесс загрязнения атмосферы зерноскладов отработавшими газами двигателей мобильных машин, уровни вредных выбросов, технологические режимы мобильных машин.

Предмет исследования - двигатель мобильных сельскохозяйственных машин, как источник вредных выбросов в окружающую среду.

Научную новизну работы представляют:

- методика оценки экологической безопасности в помещениях зерноскладов при использовании мобильных машин;
- результаты исследований по снижению загазованности в помещениях

зерноскладов при использовании методов и разработанных средств для очистки газов дизелей мобильной техники;

- результаты моделирования экологической безопасности в помещениях зерноскладов при использовании мобильных машин для механизации производственных процессов;

- результаты исследований по использованию антидымных присадок в дизельное топливо;

- установка для испытаний нейтрализатора отработавших газов;

- результаты исследований эффективности каталитических нейтрализаторов для мобильной сельскохозяйственной техники.

Практическая значимость работы состоит в том, что:

- созданный программный комплекс для моделирования экологической безопасности в складских помещениях позволяет имитировать изменение состояния воздушной среды зерносклада на технологических операциях при использовании мобильных машин и прогнозировать снижение вредных выбросов при использовании отдельных методов и технических средств;

- разработанный комплекс мероприятий, включающий использование антидымных присадок в топливо и каталитической очистки газов позволяет доводить уровень загазованности помещений складов до допустимых норм;

- каталитические материалы в конструкциях нейтрализаторов получены с использованием местных сырьевых ресурсов и отходов производств.

Работа выполнена в соответствии с Концепцией развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года (МСХ РФ, приказ от 25 июля 2007 №342), по заказу Министерства образования и науки в рамках научно-исследовательской работы по теме «Разработка математической модели и направлений в области наук о рисках, повышения устойчивости технических систем и объектов снижения техногенного воздействия на окружающую среду» выполняемой при непосредственном участии автора в 2009-2012 годах.

Реализация и внедрения результатов исследований. Оборудование, созданное при выполнении диссертационной работы, используется в учебном процессе и при выполнении научных исследований в АлтГТУ им. И.И. Ползунова.

Разработанные в диссертации инженерные средства обеспечения экологической безопасности при использовании мобильной техники в помещениях зерноскладов приняты к внедрению в ООО «Аромат», Косихинского района, Алтайского края.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на: 67-й научно-технической конференции студентов, аспирантов, и профессорско-преподавательского состава АлтГТУ им. И.И. Ползунова, посвященная 200-летию транспортного образования в России (2009 г.); 7-й и 8-й Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь» (НИМ-2010, 2011 гг.), Барнаул; 14-й городской научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь-Барнаулу»

(2012 г.).

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 18 печатных работах, в том числе 3 статьи в журналах рекомендованных перечнем ВАК, получен 1 патент РФ на изобретение.

Структуры и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных результатов и выводов по работе. Текст диссертации изложен на 214 страницах машинописного текста, включает 51 рисунок, 34 таблицы, 229 наименований использованной литературы и 2 приложения.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методика оценки экологической безопасности и использование мобильной техники для механизации технологических процессов;
- результаты исследований по оценке экологической в системе «Человек-машина-окружающая среда»;
- экологическая модель дизеля работающего на топливе с антидымными присадками при работах в зерноскладах;
- обоснование выбора антидымных присадок для дизелей мобильной техники с каталитическими нейтрализаторами;
- результаты моделирования процессов переноса и ассимиляции тяжелых примесей в воздушной среде зерносклада;
- результаты влияния разработанных инженерных средств на уровне вредных выбросов двигателей мобильных машин и необходимый воздухообмен в зерноскладах;
- результаты оценки техногенной нагрузки и предотвращенного экономического ущерба при использовании разработанных технических средств;
- рекомендации по решению проблемы улучшения условий труда и обеспечения экологической безопасности в зерноскладах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении: обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи исследования; приведены основные научные результаты, выносимые на защиту; показана научная новизна исследований и оценена их практическая значимость; отражены уровень апробации и личный вклад соискателя в решении научных задач; даны структура и объем диссертационной работы, а также количество публикаций.

В первой главе проведен анализ литературных источников выполненных по тематике рассматриваемой проблемы и на его основе сформулированы направления исследования.

Обеспечению экологической безопасности в сельскохозяйственном производстве посвящен ряд работ - В.Д. Аксененкова, И.Я. Аксенова, Е.В. Бондаренко, Р.О. Гарского, А.Г. Головатенко, В.В. Горбунова, О.И. Демочки, Г.С. Дугина, О.И. Жегалина, Л.Л. Зотова, В.Н. Иванова, А.В. Колчина, А.Р. Кульчицкого, П.Д. Лупачева, А.А. Мельберт,

В.А. Михайлова, А.Л. Новоселова, Е.А. Скачковой Т.А. Стопоревой, Т.Р. Филипосянца, В.И. Ципцына и других авторов.

В главе проанализирована проблема обеспечения экологической безопасности при эксплуатации мобильной техники в зерноскладах связанная с решением инженерных задач снижения дымности и токсичности отработавших газов двигателей сельскохозяйственных машин.

Развитие сельскохозяйственного производства предопределяет развитие механизации производственных процессов в зерноскладах, которые можно отнести к помещениям с ограниченным воздухообменом.

Обзор современных исследований показал, что разработка единой методики оценки влияния отработавших газов автотракторных двигателей на состояние воздушной среды зерноскладов и условия труда обслуживающего персонала завершена не полностью.

Экологическая безопасность мобильной сельскохозяйственной техники, эксплуатируемых в закрытых помещениях с ограниченным воздухообменом, может достигаться различными путями (рисунок 1).

Исходя из условий сельскохозяйственного производства, разработка методов и технических средств снижения вредных выбросов двигателей может быть ограничена мероприятиями, не требующими их модернизации.

Создание условий, обеспечивающих надежную и длительную сохранность зерна, снабжение всех потребителей зерном и зернопродуктами нужного ассортимента и качества - главные цели в области хранения зерна.

Зерновая масса представляет собой комплекс живых организмов, обладающих специфическими физическими свойствами, которые при определенных условиях (температура, влажность, засоренность, условия хранения зерна и др.), могут повлиять на ее сохранность.

Неблагоприятное воздействие на зерно может наблюдаться при несоблюдении режимов послеуборочной обработки (при очистке, сушке, активном вентилировании и др.), режимов и условий хранения (повышенные влажность и температура, превышение допустимой высоты насыпи, повреждение элементов конструкций зернохранилищ, нарушение их тепло- и гидроизоляции, воздухообмена и др.), воздействии вредных выбросов мобильной техники.

Анализ состояния вопроса обеспечения экологической безопасности в зерноскладах при использовании мобильной техники на технологических операциях показал, что для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду и улучшение условий труда механизаторов необходима разработка инженерных методов и технических средств защиты воздушной среды от вредных компонентов.

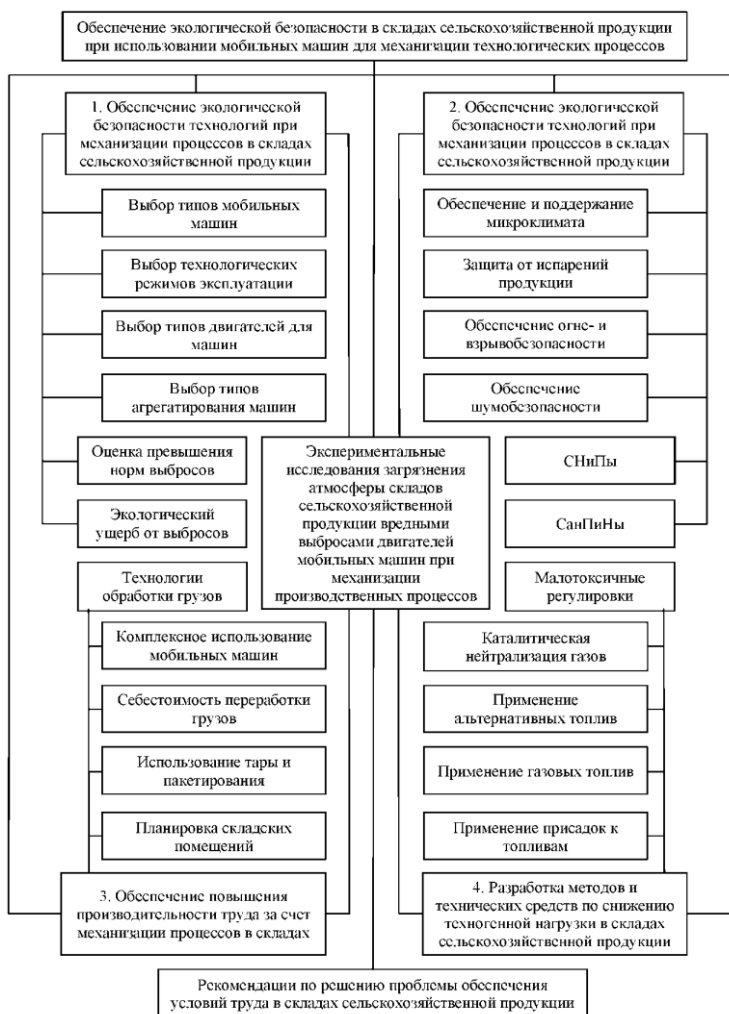


Рисунок 1 - Основные направления решения задачи обеспечения экологической безопасности в зерноскладах

Во второй главе в соответствии целями и задачами исследования осуществлено математическое моделирование. Целью создания модели являлось изучение и описание физико-химических процессов, происходящих в цилиндре дизеля и приводящих к выделению сажи и токсичных веществ, выделение связей с параметрами окружающей среды, условиями и показателями режимов эксплуатации, выявление влияния закона подачи топлива и характеристик топливной аппаратуры.

Такого вида модель была разработана в АлтГТУ Новоселовым А.Л. и Русаковым В.Ю. Модель располагала возможностью исследования процессов при изменении состава топлива по соотношению водорода, углерода и кислорода.

На основе этой модели, была разработана новая версия модели, представленная на рисунке 2 позволяющая учесть возможность добавления антидымных присадок в топливо.



Рисунок 2 - Структура модернизированной экологической модели дизе-

ля

Целью модернизации экологической модели дизеля явилась необходимость изучения и объяснения механизма воздействия антидымных присадок в топливо на уровни вредных выбросов с отработавшими газами.

Реализация моделирования уровней вредных выбросов двигателей для характерных режимов работы была произведена с помощью программы «ТОХИС» разработанной в АлтГТУ им. И. И. Ползунова.

Параметр оптимизации - удельный приведенный нормообъем:
для дизелей без наддува:

$$U_{\text{эт}} = \frac{4,148 \cdot 10^{-3} \cdot T_0}{\sum_{m=1}^m N_{\text{ем}} \cdot P_0} \sum_{f=1}^f \frac{\psi_f}{[c_f]} \sum_{m=1}^m G_{\text{Тм}} \cdot c_{\text{fm}} \cdot \tau_m \cdot (\alpha_m + 0,0675), \quad (1)$$

где $N_{\text{ем}}$ - мощность дизеля на m -м режиме эксплуатации, кВт; P_0 - давление окружающей среды, мПа; T_0 - температура окружающей среды, К; ψ_f - коэффициент бинарности; c_f - концентрация f -го вещества, г/м³; $G_{\text{Тм}}$ - часовой расход топлива на m -м режиме эксплуатации, кг/ч; c_{fm} - концентрация f -го вещества на m -м режиме, г/м³; τ_m - на m -м режиме эксплуатации; α_m - коэффициент избытка воздуха на m -м режиме эксплуатации.

для дизелей с газотурбинным наддувом:

$$U_{\text{эт}} = \frac{4,148 \cdot 10^{-3}}{\sum_{m=1}^m N_{\text{ем}}} \sum_{f=1}^f \frac{\psi_f}{[c_f]} \sum_{m=1}^m \frac{T_{\text{км}} \cdot G_{\text{Тм}}}{P_{\text{км}}} \cdot (\alpha_m + 0,0675) \cdot c_{\text{fm}} \cdot \tau_m, \quad (2)$$

где $P_{\text{км}}$ - давление воздуха после компрессора на m -м режиме эксплуатации, мПа; $T_{\text{К}}$ - температура воздуха после компрессора на m -м режиме эксплуатации, К.

Таким образом, модель рассеяния отработавших газов в атмосфере помещения представлена в виде выражения (А.Л. Новоселов, В.Ю. Русаков):

$$C_f(x, y, z) = \frac{2K_m \cdot V_{\text{ог}}}{\pi \cdot Su_y \cdot Su_z \cdot \bar{u} \cdot x^{(2-r)}} \exp \left[-\frac{1}{x^{(2-r)}} \left(\frac{y^2}{Su_y^2} + \frac{(z+H)^2}{Su_z^2} \right) \right]. \quad (3)$$

где K_m - коэффициент турбулентной вязкости; $V_{\text{ог}}$ - объем отработавших газов, м³; Su_y, Su_z - коэффициенты Сеттона, характеризующие горизонтальную и вертикальную турбулентные диффузии; $\bar{u}$ - средняя скорость воздуха, м/с; x, y, z - координаты точки максимальной концентрации; r - коэффициент атмосферной стратификации; H - высота подъема струи отработавших газов, м;

Коэффициент турбулентной вязкости имеет вид:

$$K_m = k \cdot u_x \cdot z \left(\frac{z}{z_0} \right)^{\beta-1} = k^2 \cdot z^2 \cdot \frac{d\bar{u}}{dz} \left(\frac{z}{z_0} \right)^{2\beta-2}, \quad (4)$$

где β - адиабатический градиент, $\beta=1$; k - постоянная Кармана, принимается $k=0,4$ и учитывает длину смещения. Значения коэффициентов шероховатости поверхности и скорости трения Z_0 и $\bar{u}_x$ равны: $Z_0 = 1 \cdot 10^{-3}$, $\bar{u}_x = 0,27$.

Объем отработавших газов для дизелей без наддува определяется выражением:

$$V_{\text{ог}} = 4,148 \cdot 10^{-3} \frac{G_{\text{Т}} \cdot T_0}{P_0} (\alpha + 0,0675), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (5)$$

для дизелей с наддувом:

$$V_{or} = 4,148 \cdot 10^{-3} \frac{G_T \cdot T_K}{P_K} (\alpha + 0,0675), \text{м}^3/\text{ч} \quad (6)$$

где G_T - часовой расход топлива, кг/ч; α - коэффициент избытка воздуха; P_O и P_K - давление окружающей среды и давление воздуха после компрессора, кгс/см².

Коэффициенты вертикальной и горизонтальной диффузии (коэффициенты Сеттона) имеют вид:

$$Su_y^2 = \frac{4v^r \left(\frac{v'^2}{u^2} \right)^{1-r}}{(1-r)(2-r)u^r}, \quad (7)$$

$$Su_z^2 = \frac{4v^r \left(\frac{w'^2}{u^2} \right)^{1-r}}{(1-r)(2-r)u^r}, \quad (8)$$

Результаты моделирования образования и выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизеля КамАЗ-740 представлены на рисунках 3-4.

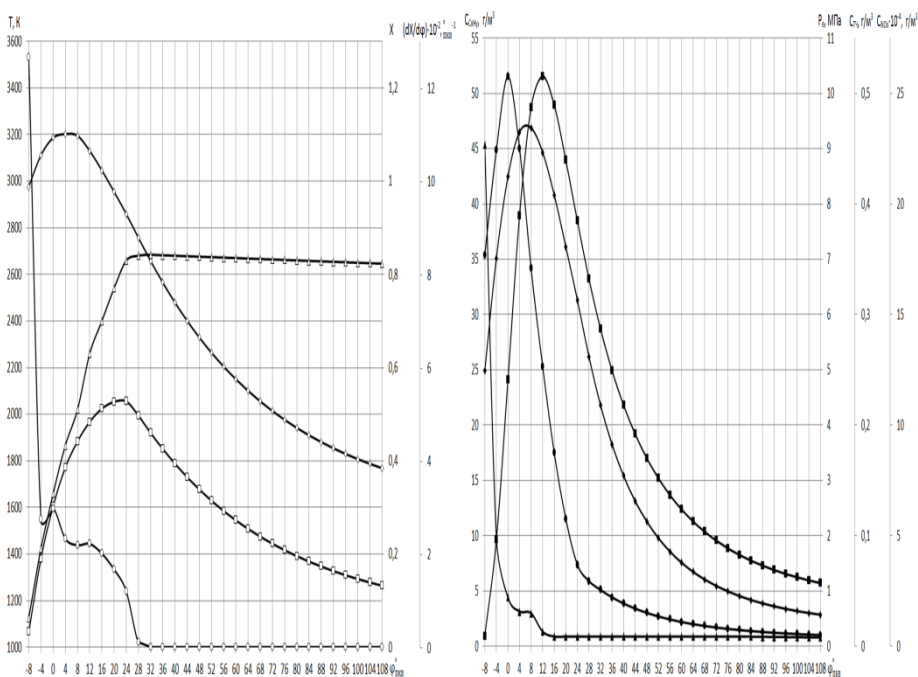


Рисунок 3 - Результаты моделирования параметров внутри цилиндров дизеля КамАЗ-740 без антидымной присадки: □ - температура в цилиндре; ○ - скорость тепловыделения; ◇ - температура продуктов сгорания; Δ - показатель тепловыделения, ■ - выбросы оксидов азота; ● - выбросы углеводородов; ◆ - давление в цилиндре; ▲ - выбросы сажи.

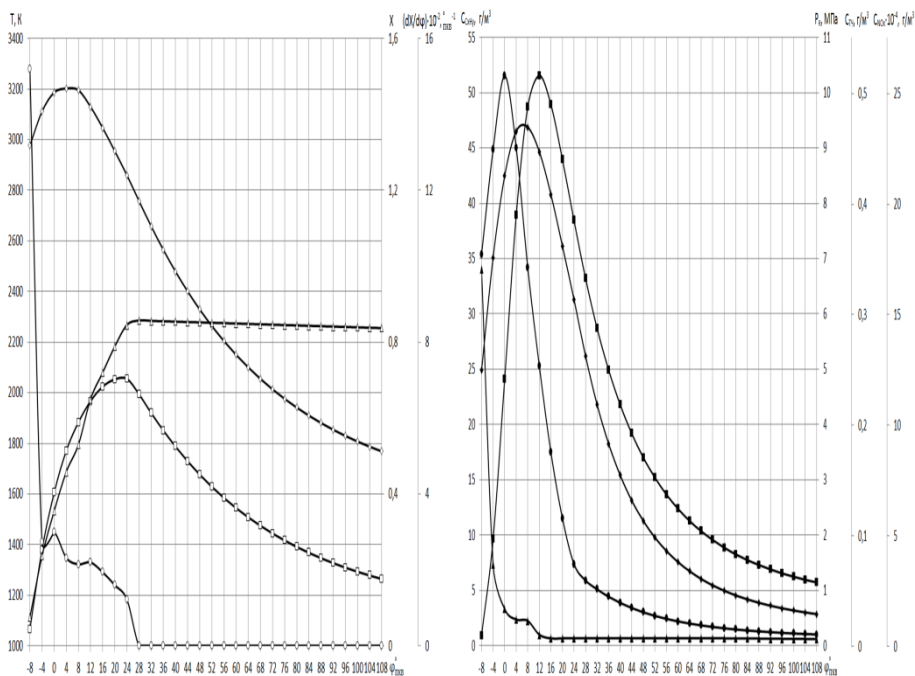


Рисунок 4 - Результаты моделирования параметров внутри цилиндров дизеля КамАЗ-740 с антидымной присадкой ЭФАП-Б: $\square$ - температура в цилиндре; $\circ$ - скорость тепловыделения; $\diamond$ - температура продуктов сгорания; Δ - показатель тепловыделения, $\blacksquare$ - выбросы оксидов азота; $\bullet$ - выбросы углеводородов; $\blacklozenge$ - давление в цилиндре; $\blacktriangle$ - выбросы сажи.

Погрешность определения уровней выбросов ОГ составила 8-9 %

На рисунках 5-7 представлены изменения рассчитанных по модели поля концентраций вредных веществ по сечению на высоте 1,75 м до и после применения инженерных методов и технических средств обеспечения экологической безопасности мобильных машин при механизации технологических процессов в зерноскладах. Здесь можно увидеть изменение концентраций вредных выбросов двигателя Д-245.

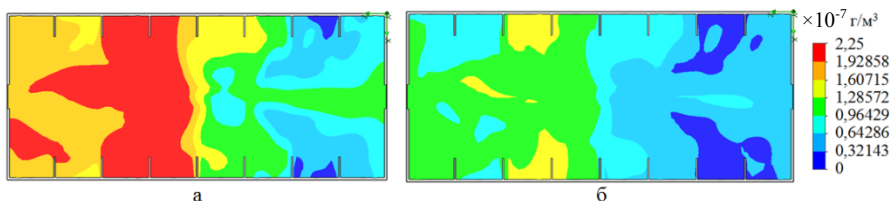


Рисунок - 5 концентрация бенз(а)пирена в воздухе зерносклада: а - до применения методов обеспечения экологической безопасности, б - после применения методов обеспечения экологической безопасности

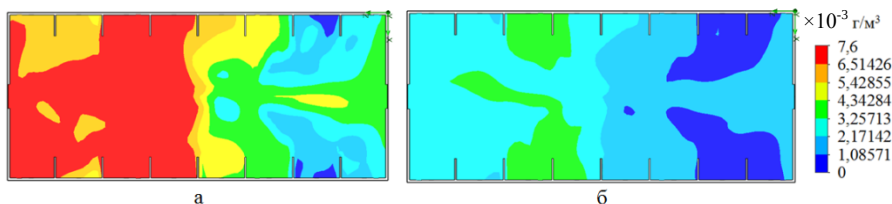


Рисунок - 6 концентрация твердых частиц в воздухе зерносклада: а - до применения методов обеспечения экологической безопасности, б - после применения методов обеспечения экологической безопасности

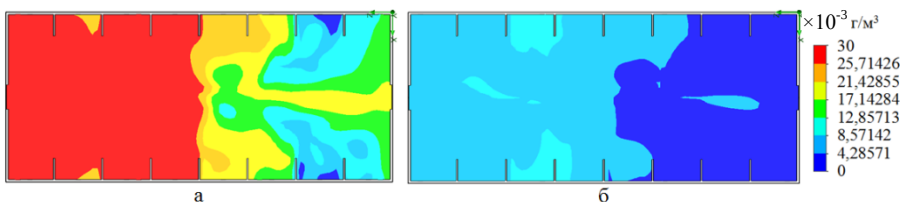


Рисунок - 7 концентрация оксидов азота в воздухе зерносклада: а - до применения методов обеспечения экологической безопасности, б - после применения методов обеспечения экологической безопасности

Концентрация бенз(а)пирена снизилась с $2,25 \cdot 10^{-7}$ г/м³ до $1,36 \cdot 10^{-7}$ г/м³, концентрация твердых частиц снизилась с $7,6 \cdot 10^{-3}$ г/м³ до $3,8 \cdot 10^{-3}$ г/м³, концентрация оксидов азота снизилась с $30 \cdot 10^{-3}$ г/м³ до $10 \cdot 10^{-3}$ г/м³.

Сходимость данных с результатами эксперимента составляет: по бенз(а)пирену - 94,9 %, твердым частицам - 97,7 %, оксидам азота - 93,6 %.

В третьей главе описаны программа экспериментального исследования, экспериментальный комплекс для оценки качества очистки газов в СВС-каталитических блоках, выбор антидымных присадок и каталитических нейтрализаторов.

Программа экспериментального исследования включала:

- обследование кабин сельскохозяйственных машин и рабочей зоны склада, измерение загазованности, запыленности, уровня шума рабочих мест механизаторов при выполнении технологических операций в складах, определение индекса безопасности труда;
- оценка изменения физиолого-биохимических показателей зерна пшеницы при выполнении технологических операций в зерноскладах;
- проведение стендовых и эксплуатационных испытаний;

- оценка качества очистки газов в предложенных конструкциях каталитических нейтрализаторов;
- исследования по применению АДП.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось снятие внешних скоростных и нагрузочных характеристик дизеля с применением пилотной установки для оценки эффективности очистки отработавших газов в пористых проницаемых СВС-каталитических блоках, разработанной при участии автора, а также измерение состава газов до и после применения технических устройств –нейтрализаторов.

Были проведены натурные исследования зерносклада, по определению: загазованности и запыленности рабочих мест механизаторов при выполнении технологических операций.

Отбор проб воздуха осуществлялся в нескольких точках зерносклада, по высоте помещения, что обусловлено реальным расположением зерна и зон дыхания механизаторов (рисунки 8-10).

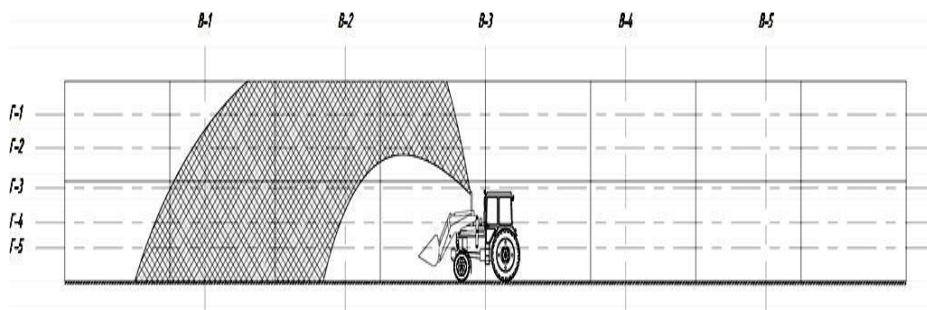


Рисунок - 8 - Схема расположения точек замера и концентраций вредных веществ в составе ОГ.

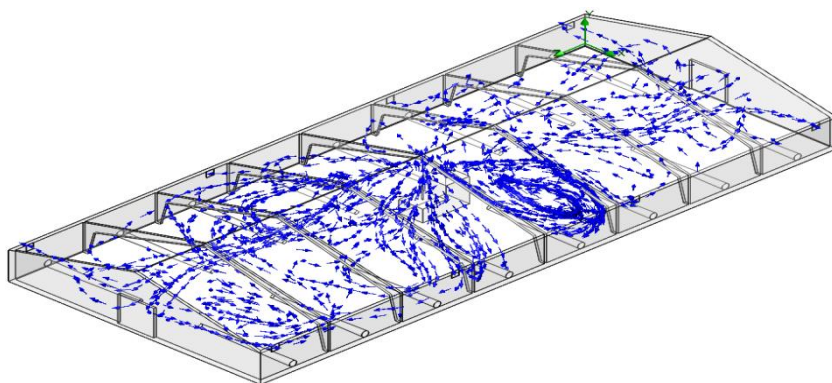


Рисунок 9 - Траектории движения газовоздушных потоков в помещении зерносклада

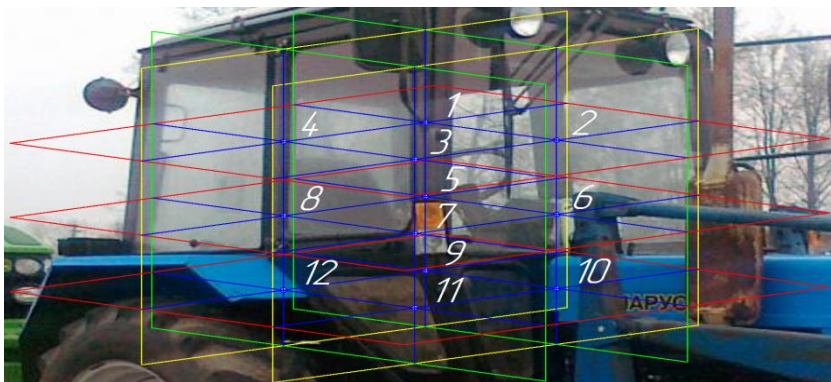


Рисунок 10 - Положение точек отбора проб воздуха в кабине трактора МТЗ-82

Исследования были направлены на определение концентраций NO_x , твердых частиц, бенз(а)пирена и CO в воздухе, как частей массовых компонентов содержащихся в отработавших газах мобильных машин.

Расчетно-экспериментальное исследование по определению последствий механизации процессов в зерноскладах с использованием тракторов в агрегатах с различными машинами было проведено для зерносклада продовольственного и фуражного зерна вместимостью 2000 т. На технологических операциях применялся трактор МТЗ-82 с дизелем Д-245 агрегируемый погрузчиком зерна ТУР-15 «Геркулес».

В результате проведенных расчетов было выявлено, что при использовании тракторов для механизации процессов в зерноскладах кратность воздухообмена необходимо увеличить с $n = 1$ до $n = 3,1$, расходы на вентиляцию при этом составили 163,44 тыс. руб.

Индекс экологической безопасности в помещении $K_{эб}$ представлен в виде:

$$K_{эб} = \sum_{f=1}^f \cdot \sum_{d=1}^d \cdot \psi_f \frac{Vd_{fc} \cdot c_{dfc}}{V_{fc} [c_f]} + \sum_{f=1}^f \cdot \sum_{d=1}^d \cdot \psi_f \frac{Vd_{fk} \cdot c_{dfk}}{V_{fk} [c_f]} \quad (9)$$

где V_f - исследуемый объем (V_{fc} - объем склада, V_{fk} - объем кабины), м^3 ; d - количество указанных объемов;

f - количество токсичных компонентов ОГ; c_{df} - концентрация токсичных компонентов в объемах; $[c_f]$ - предельно-допустимая концентрация токсичных компонентов (ПДК).

Условием безопасности является $K_{эб} \leq 1$.

Относительно условий эксплуатации техники в сельскохозяйственном производстве предлагается рассмотрение трех случаев:

$K_{эб} < 1$ - продолжать эксплуатацию без угрозы нарушения экологической безопасности и состояния воздушной среды;

$K_{эб} = 1$ - провести мероприятия по восстановлению эффективности вентиляции и т.д.

$K_{эб} > 1$ - провести мероприятия по уменьшению уровней вредных выбросов дизелем мобильной машины.

Результаты исследования загазованности в зерноскладах, определения индекса экологической безопасности труда представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты исследования загазованности в зерноскладах и определения индекса экологической безопасности

Марка трактора и агрегируемой машины	Технологическая операция	Концентрации вредных веществ в зоне дыхания механизатора, мг/м ³				$K_{эб}$
		NOx	CO	CxHy	ТЧ	
Трактор МТЗ-82 с дизелем Д-245, погрузчик ТУР-15	Погрузка зерна	7,15	38,5	511,1	4,1	10,87
		4,29*	2,98*	2,27*	1,33*	
		39,47**	27,41**	20,88**	12,24**	
Трактор МТЗ-1523 с дизелем Д-260, погрузчик ТУР-17	Погрузка зерна	6,84	36,8	489,3	3,9	10,39
		4,1*	2,85*	2,17*	1,27*	
		39,46**	27,43**	20,89**	12,22**	

* - приведенные концентрации вещества

** - доля компонента в индексе экологической безопасности

Из данных таблицы видно, что индекс экологической безопасности больше 1, поэтому нужно провести мероприятия по уменьшению уровней вредных выбросов.

Расчет комплексной оценки:

$$O_k = \sum_{f=1}^f \cdot Io_f \cdot Oвс_f \quad (10)$$

где f - количество токсичных компонентов ОГ, Io_f - индекс опасности компонента;

При комплексной оценке сумма баллов может составить:

0-4 - благоприятное состояние воздуха помещения,

5-9 - удовлетворительное состояние воздуха помещения,

10-14 - неудовлетворительное состояние воздуха помещения.

Если при комплексной оценке получены значения баллов 15 и более - состояние воздуха помещения оценивается как крайне неудовлетворительное.

Анализ данных показал, что комплексная оценка состояния воздушной среды составляет 17 баллов и оценивается как крайне неудовлетворительное состояние воздуха в зерноскладе.

Был проведен отбор точечных проб зерна, хранящегося насыпью в складах и на площадках ручным щупом согласно ГОСТ 13586.3-86.

Для отбора точечных проб поверхность насыпи зерна делилась на секции. Точечный отбор проб из каждой секции производился в шести точках поверхности на расстоянии 1 м от стен склада и границ секции и на одинаковом расстоянии друг от друга по схеме представленной на рисунке 11.

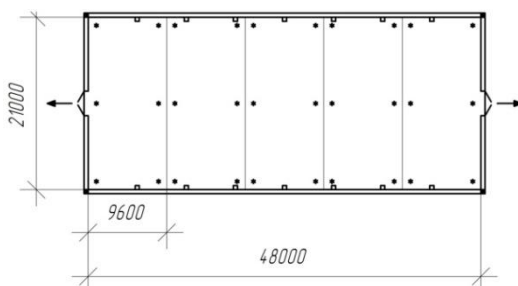


Рисунок 11 - Схема отбора точечных проб пшеницы хранящегося насыпью в складах и на площадках

Анализ проведенной оценки показывает, что физиолого-биохимические показатели и наличие токсичных элементов зерна не соответствуют требованиям ГОСТ по показателям мышьяка и бенз(а)пирена. Данные измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели безопасности зерна

Токсичные элементы	Фактическое значение показателей	Допустимые значения	Нормативные документы на методы испытаний
Кадмий, мг/кг	0,035	Не более 0,2	ГОСТ Р 51301-99
Свинец, мг/кг	0,47	Не более 0,2	ГОСТ Р 51301-99
Мышьяк, мг/кг	0,42	Не более 0,2	ГОСТ Р 51766-01
Ртуть, мг/кг	менее 0,02	Не более 0,2	ГОСТ 26927-86
Бенз(а)пирен, мг/кг	0,005	Не более 0,001	ГОСТ Р 51650-2000

Для определения годности зерна для пищевых или кормовых целей было введено понятие показателя токсичности зерна:

$$ПТ_3 = \left[\frac{\left(\sum_{f=1}^f И_{of} \cdot K_{df} \right)}{f} \right] \quad (11)$$

При оценке, показатель токсичности зерна может составить в баллах:

0-3 - зерно пригодное для пищевых и кормовых целей,

4-14 - зерно пригодное только для кормовых целей,

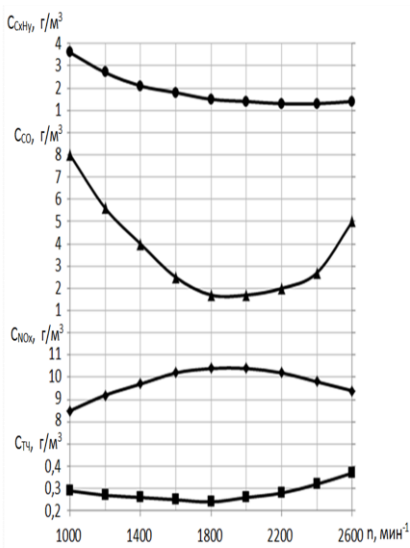
От 15 и более - зерно непригодно для пищевых и кормовых целей.

Показатель токсичности зерна составил 7 баллов. Таким образом было определено, что исследуемые образцы зерна пригодны только для кормовых целей.

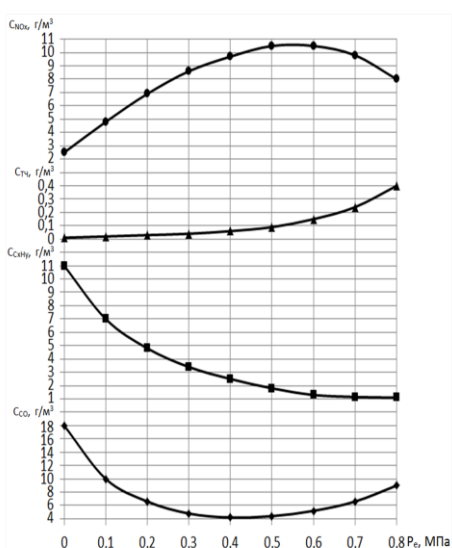
Поэтому необходима разработка инженерных методов и технических средств снижения вредных выбросов мобильных машин при механизации технологических процессов в зерноскладах.

Комплексная оценка токсичности дизеля была проведена по показателю удельного приведенного эксплуатационного нормообъема, равного количеству воздуха, необходимого для разбавления ОГ до безвредных концентраций. По расчетам, для обеспечения благоприятных условий в зону работающих двигателей необходимо подавать дополнительно не менее $20 \text{ м}^3/\text{с}$ чистого воздуха, в то время как при нормальных атмосферных условиях воздухообмен находится в пределах $5 \text{ м}^3/\text{с}$

Чтобы иметь данные об уровнях вредных выбросов дизеля КамАЗ-740 с отработавшими газами, необходимые для определения успешности вариантов решения задач настоящего исследования, были проведены предварительные стендовые испытания и сняты внешняя скоростная и нагрузочная характеристики с определением состава отработавших газов по оксидам азота, оксиду углерода, углеводородам и твердым частицам (рисунок 12).



По внешней скоростной характеристике:
 ● - $C_{C_xH_y}$, ▲ - CO , ◆ - NOx , ■ - $TЧ$.



По нагрузочной характеристике при 2600 мин-1:
 ● - NOx , ▲ - CO , ■ - $C_{C_xH_y}$, ◆ - $TЧ$.

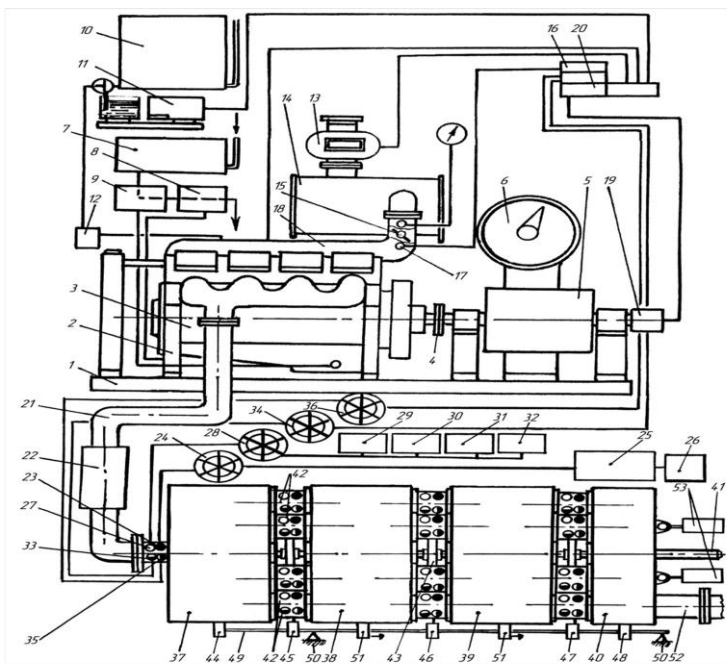
Рисунок 12 - Изменение уровней вредных выбросов с отработавшими газами дизеля КамАЗ-740

В результате испытаний дизеля были обнаружены закономерности изменения выбросов оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых

частиц, закономерности изменения уровней вредных выбросов при добавлении антидымной присадки к топливу ЭФАП-Б, Ангарад-2401, Lubrizol-8288.

В рамках решения поставленных задач был разработан экспериментальный комплекс для оценки качества очистки в предлагаемых устройствах для снижения вредных выбросов.

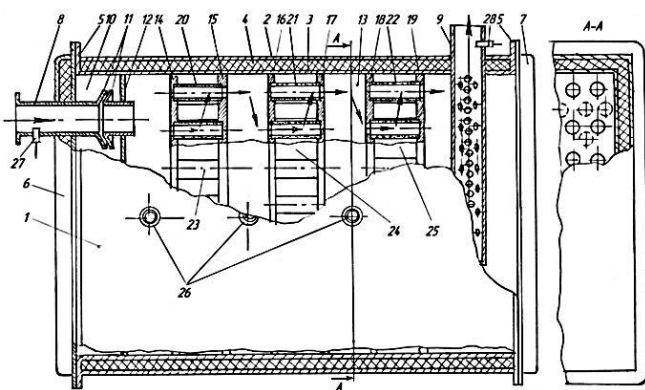
Созданный экспериментальный комплекс представлял собой установку для одновременного проведения сравнительных испытаний различных СВС-материалов и антидымных присадок. На разработанную установку получен патент РФ на изобретение № 2511833 РФ, МПК F01N 11/00 (рисунок 13).



1-подмоторная рама; 2-стойки; 3ДВС; 4-муфта; 5-тормозное устройство; 6-измерительная головка; 7-напорный бак; 8-водоудалитель; 9-водоаспирный холодильник; 10-топливный бак; 11-автоматическое весовое устройство; 12-электромагнитный клапан; 13-газовый счетчик; 14-реверсив; 15-заслонка; 16-электропотиенциометры; 17, 33-термопара; 18-впускной коллектор; 19-гахометр; 20-приборы пульты управления; 21-выпускная труба; 22-анализатор; 23-зонд; 24, 28, 34, 36-шестипозиционный переключатель; 25-диометр; 26-измерительный прибор; 27-газоотборник; 29-31-газоанализатор; 32-диометром; 35-датчик давления; 37-фильтрующие секции; 38-секции для восстановления оксидов азота; 39-секции доокисления продуктов неполного сгорания; 40-секции приема очищенных газов; 41-ос; 42-промежуточные соединения; 43-термопары, датчики давления, газотоксичный (обозначения единицы с 23, 27, 33 и 35); 43-крестовина; 44-48-скользящие направляющие; 49-штанга; 50-опоры; 51-фиксаторы положения; 52-труба; 53-шневоотвод.

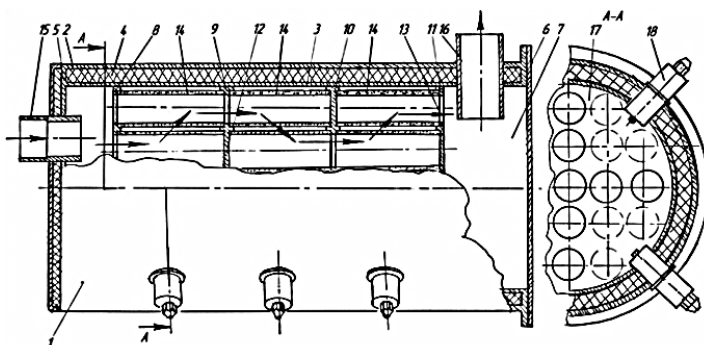
Рисунок 13 - Экспериментальный комплекс для оценки качества очистки газов в СВС-каталитических блоках (Патент № 2511833 РФ, МПК F01N 11/00)

В целях обеспечения экологической безопасности в зерноскладах и улучшения условий труда механизаторов были разработаны конструкции каталитических нейтрализаторов отработавших газов для тракторного дизеля Д-245 (рисунок 14) и автомобильного дизеля КамАЗ-740 (рисунок 15), по методике предложенной А.А. Мельберт.



1-корпус; 2-внешние и 3-внутренние стенки; 4-теплоизоляция между ними; 5-фланцы; 6, 7-торцевые крышки; 8-впускные и 9-выпускные патрубки; 10-камера для успокоения колебаний; 11- тарельчатый щелевой резонатор; 12-внутренняя перегородка; 13-полость реактора; 14, 15, 16, 17, 18, 19-поперечные перегородки со сквозными и глухими окнами; 20, 21, 22-пористые проницаемые каталитические элементы; 23-блок очистки от твердых частиц; 24-блок окисления продуктов неполного сгорания; 25-блок восстановления оксидов азота; 26-форсунки для подачи вспомогательных жидкостей; 27, 28-датчики давления.

Рисунок 14 - Каталитический нейтрализатор отработавших газов дизеля Д-245

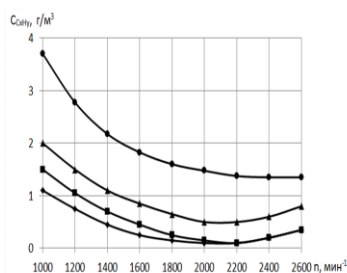


1-корпус; 2-внешние и 3-внутренние стенки; 4-теплоизоляция между ними; 5-поверхность торца; 6-поверхность крышки; 7-внутренняя полость реактора; 8, 9, 10, 11-поперечные перегородки; 12-глухие и 13-сквозные окна; 14-блоки восстановления оксидов азота; 15-впускные и 16-выпускные патрубки; 17-внутренние полости блоков; 18-форсунки.

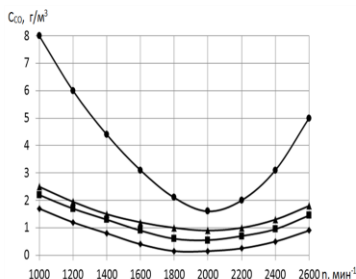
Рисунок 15 - Каталитический нейтрализатор отработавших газов дизеля КамАЗ-740

В четвёртой главе приведены результаты экспериментальной оценки эффективности использования каталитической очистки отработавших газов и антидымных барийсодержащих присадок в топливо дизелей ЭФАП-Б, Ангарад-2401, Lubrizol-8288.

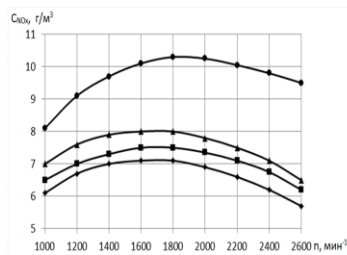
В результате испытаний дизеля по внешней скоростной характеристике представленной на рисунке 16 обнаружены закономерности изменения выбросов оксидов азота, углеводородов, оксида углерода и твердых частиц. Здесь же показаны результаты очистки отработавших газов в каталитических блоках нейтрализатора, в том числе, с применением антидымных присадок в топливо.



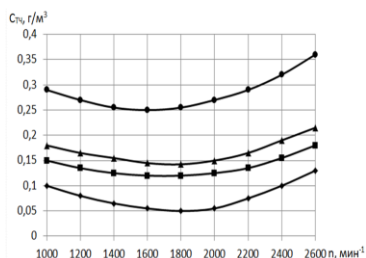
Углеводороды



Оксид углерода



Оксиды азота



Твердые частицы

● - без присадок и КН; ▲ - с КН; ■ - с КН, присадкой Lubrizol-8288 и регулировкой угла Θ по расходу топлива; ◆ - с КН, присадкой ЭФАП-Б и регулировкой угла Θ по расходу топлива.

Рисунок 16 - Изменение выбросов углеводорода дизелем 8Ч 12/12 по внешней скоростной характеристике

Оценочные показатели удельных выбросов вредных веществ приведены в таблице 3, где показана последовательная цепь воздействия на состав отработавших газов.

Таблица 3 - Влияние каталитической нейтрализации и добавления в топливо антидымных присадок на качество очистки отработавших газов дизеля 8Ч 12/12

Оценочные показатели вредных выбросов	Величины оценочных показателей, г/(кВт·ч)						Кратность превышения норм С КН и АДП оптим. Θ по g _с : ЕВРО-4 / ЕВРО-5 / ЕВРО-6
	Допустимые уровни			Действительные уровни			
	ЕВРО- 4	ЕВРО- 5	ЕВРО- 6	Без КН и без подачи АДП	С КН	С КН и АДП 0,1 % по массе	
Θ = 30° Lubrizol-8288 0,1 % по массе топлива							
q _{оц} NO _x	3,50	2,00	0,40	8,86	3,54	2,86	0,55/0,97/4,85
q _{оц} CO	1,50	1,50	1,50	4,93	1,38	1,07	0,66/0,66/0,66
q _{оц} C _x H _y	0,46	0,25	0,13	1,23	0,25	0,17	0,26/0,48/0,92
q _{оц} ТЧ	0,02	0,02	0,01	0,31	0,009	0,002	0,05/0,05/0,10
Θ = 30° Ангарад-2401 0,1 % по массе топлива							
q _{оц} NO _x	3,50	2,00	0,40	8,86	3,54	2,79	0,54/0,95/4,73
q _{оц} CO	1,50	1,50	1,50	4,93	1,38	1,04	0,65/0,65/0,65
q _{оц} C _x H _y	0,46	0,25	0,13	1,23	0,25	0,16	0,26/0,48/0,92
q _{оц} ТЧ	0,02	0,02	0,01	0,31	0,009	0,002	0,05/0,05/0,10
Θ = 29° ЭФАП-Б 0,1 % по массе топлива							
q _{оц} NO _x	3,50	2,00	0,40	8,86	3,54	2,62	0,39/0,69/3,45
q _{оц} CO	1,50	1,50	1,50	4,93	1,38	1,02	0,63/0,63/0,63
q _{оц} C _x H _y	0,46	0,25	0,13	1,23	0,25	0,14	0,22/0,40/0,77
q _{оц} ТЧ	0,02	0,02	0,01	0,31	0,009	0,001	0,05/0,05/0,10

Данные в таблице показывают, что применение каталитического нейтрализатора и добавления в топливо присадок приводит к снижению вредных выбросов в воздушную среду зерносклада, тем самым улучшая условия труда механизаторов и выполнению норм ЕВРО-4, ЕВРО-5 и ЕВРО-6 по продуктам неполного сгорания, уменьшают выбросы: NO_x - 6,42 раза, CO - 5,24 раза, C_xH_y - 12,3 раза, TC - 9 раз.

Таким образом воздействуя на состав ОГ имеется возможность снижения уровней вредных выбросов практически без конструктивной доработки дизелей.

Проведена технико-экономическая оценка результатов исследования и сравнения экономических показателей по технологии при работе мобильных машин на дизельном топливе без применения антидымных присадок и

каталитического нейтрализатора, и с применением антидымных присадок и каталитического нейтрализатора.

Произведены расчеты показателя техногенной нагрузки $P_{\text{тн}}$:

$$P_{\text{тн}} = \frac{d_{\text{пкк}} \cdot \sigma_p \cdot M_{\text{ог}}}{R_p}, \text{ усл.т/м}^2. \quad (12)$$

где $d_{\text{пкк}}$ - коэффициент учета природно-климатических условий,
 σ_p - коэффициент учитывающего относительную опасность загрязнения атмосферы в зависимости от рельефа местности,
 $M_{\text{ог}}$ - величина условных выбросов вредных веществ в атмосферу,
 R_p - рассеивание вредных веществ в атмосфере.

И приведенного экономического ущерба $W_{\text{ущ}}$:

$$W_{\text{ог}} = \Omega_{\text{ог}} \cdot P_{\text{тн}}, \text{ тыс. руб.} \quad (13)$$

где $\Omega_{\text{ог}}$ - константа перевода бальной оценки ущерба в экономический.

для двигателя Д-245:

$$P_{\text{тн д.}} = 19,654 \text{ усл.т расч.пер./м}^2; P_{\text{тн п.}} = 14,015 \text{ усл.т расч.пер./м}^2$$

$$W_{\text{ущ. д.}} = 200,67 \text{ тыс.руб.расч.пер.}; W_{\text{ущ. п.}} = 143,09 \text{ тыс.руб.расч.пер.}$$

для двигателя КамАЗ-740:

$$P_{\text{тн д.}} = 22,447 \text{ усл.т расч.пер./м}^2; P_{\text{тн п.}} = 18,264 \text{ усл.т расч.пер./м}^2$$

$$W_{\text{ущ. д.}} = 229,18 \text{ тыс.руб.расч.пер.}; W_{\text{ущ. п.}} = 186,48 \text{ тыс.руб расч.пер.}$$

Результаты расчета экономических показателей при выполнении процессов механизации работ в зерноскладе приведены в таблице 4

Таблица 4 - Сравнительные экономические показатели технологий

№ п/п	Показатели	Варианты технологий	
		без КН	с КН
1	Затраты, всего, тыс.руб.:расч. пер.	1259,82	1178,47
	в том числе:		
	ГСМ	1040,69	1044,31
	амортизация	33,99	38,59
	ремонт	38,05	46,54
	на электроэнергию	147,09	49,03
2	Экологический ущерб, тыс.руб.:расч.пер.	429,85	329,57
3	Экономическая эффективность от применения комплекса инженерных методов, тыс.руб.:расч.пер.	-	181,63

В результате проведенного расчета, было выявлено, что применение комплексных инженерных средств (каталитических нейтрализаторов отработавших газов и антидымных присадок в топливо) при выполнении технологических операций в зерноскладах мобильными машинами, сократило общий экономический ущерб окружающей среде на 181,63тыс.руб.

Основные выводы и рекомендации

В результате проведенных исследований по решению проблемы создания безопасных условий труда в зерноскладах при механизации производственных процессов с использованием мобильных машин сделаны следующие выводы:

1. Изучение загазованности помещения склада при проведении погрузочно-разгрузочных работ показало, что индекс безопасности, характеризующий экологическую обстановку на рабочих местах механизаторов, составил 10,39-10,87. В связи с этим рекомендуется применение мер по уплотнению кабины, оснащение кабины системами вентиляции и кондиционирования, проведение регулировочных работ в двигателе и применение антидымных присадок в топливо и технических устройств в целях обеспечения экологической безопасности.

2. Оценен уровень загазованности, шума рабочих мест операторов мобильных машин при проведении технологических операций в зерноскладах. По результатам комплексной оценки воздушной среды было выявлено крайне неудовлетворительное состояние воздуха в помещении зерносклада.

3. Создана методика оценки экологической безопасности мобильных машин, эксплуатируемых в помещениях с ограниченным воздухообменом, позволяющая основе использования комплексного показателя удельного нормообъема - $U_{\text{эт}}$, с учетом вредных выбросов, произвести оценку перспектив повышения безопасности труда механизаторов в системе «Человек - машина - среда», в ней определено что для двигателя КамАЗ-740 $U_{\text{эт}}$ составляет $5804 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, для двигателя Д-245 - $7098 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

4. Модернизирована и уточнена экологическая модель дизеля для прогнозирования загрязнения окружающей среды двигателями мобильных машин при механизации технологических процессов в помещениях зерноскладов позволяющая производить предварительную оценку вредных выбросов по CO , NO_x , C_xH_y , твердым частицам с точностью 93,5 % , а также учитывать возможность применения антидымных присадок в топливо.

5. Оценено изменение физиолого-биохимических показателей пшеницы от воздействия вредных выбросов двигателей мобильных машин. По результатам показателя токсичности зерно пригодно только для кормовых целей.

6. Разработаны конструкции и обоснованны параметры каталитических нейтрализаторов для автомобиля КамАЗ-55102 и трактора МТЗ-82, позволяющие снижать вредные выбросы по NO_x на 60 %, CO на 72 %, C_xH_y на 80 %, твердым частицам на 97 %. Обосновано применение бариевых антидымных присадок в топливо дизелей позволяет снижать выбросы твердым частицам на 17-45 %. Выявлена эффективность снижения $U_{\text{эт}}$ на 74 % при одновременном применении антидымных присадок в топливо дизелей и каталитических нейтрализаторов отработавших газов, что обеспечило

снижение необходимого воздухообмена в 3,1 раза. Обнаружено, что применение комплексных методов, КН+АДП, позволяет не только повысить безопасность труда механизаторов и улучшить экологическую обстановку зерносклада, но и добиться выполнения нормативных значений.

7. Создана экспериментальная установка, защищенная патентом РФ, для апробации и оценки снижения вредных выбросов в атмосферу складских помещений (подбор присадок, подбор каталитических материалов для нейтрализаторов и производить оценку по испытательному циклу).

8. Произведен расчет предотвращенного экологического ущерба который составил 100,28 тыс.руб. Экономическая эффективность от применения комплекса инженерных методов и технических средств составила 181,63 тыс.руб. за расчетный период.

Список научных трудов по теме диссертации

Статьи, опубликованные в периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Горелова, О.М. Создание технологии производства биотоплива с использованием газовых конденсатов и оценка ее экономической эффективности / О.М. Горелова, Н.Н. Горлова, **К.С. Боков** // Ползуновский вестник. - Барнаул, 2012. - № 3/1. - С. 174-177.

2. Новоселов, А. Л. Определение удельного приведенного нормообъема при механизации производственных процессов в складах / А.Л. Новоселов, **К.С. Боков** // Вестник АГАУ. - Барнаул, 2012. - № 11. - С. 82-85.

3. Новоселов, А.Л. Теоретические предпосылки к оценке загрязнения окружающей среды мобильной техникой в складах сельскохозяйственной продукции / А.Л. Новоселов, **К.С. Боков** // Вестник АГАУ. - Барнаул, 2012. - № 7. - С. 71-74.

Статьи, опубликованные в российских изданиях; материалы международных и всероссийских конференций

4. **Боков, К.С.** Исследование тепловой напряженности каталитических нейтрализаторов для дизелей / К.С. Боков // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А. Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. - С. 97-102.

5. **Боков, К.С.** Установка для изучения тепловой напряженности пористых проницаемых каталитических фильтров нейтрализаторов отработавших газов / К.С. Боков, Н.В. Бразовский, А.Л. Новоселов // Наука и молодежь - 2011 (НиМ-2011) [Электронный ресурс]: 8-я Всероссийская научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. - Элек-

трон. текст. дан. - Барнаул, 2011. - Режим доступа: <http://edu.secna.ru/media/f/at.pdf>. - Загл. с экрана.

6. Влияние компоновки каталитических блоков в реакторе нейтрализатора (вариант IV) на качество очистки отработавших газового дизеля / А.Л. Новоселов, **К.С. Боков**, М.Г. Приходько // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. - С. 72-76.

7. Воздействие вредных выбросов дизелей на окружающую среду / Т.А. Стопарева, М.Л. Тихомиров, Н.В. Батулин, **К.С. Боков**, А.Л. Новоселов // Наука и молодежь - 2010 (НиМ-2010) [Электронный ресурс]: 7-я Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. - Электрон. текст. дан. - Барнаул, 2010. - Режим доступа: <http://edu.secna.ru/media/f/avt.zip>. - Загл. с экрана.

8. Медведев, Г.В. Влияние характеристик пористых материалов сажевых фильтров на качество очистки отработавших газов дизелей / Г.В. Медведев, **К.С. Боков**, М.А. Коломеец // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. - С. 40-48.

9. Медведев, Г.В. Особенности организации технологии очистки газов и регенерации фильтров / Г.В. Медведев, **К.С. Боков**, Л.С. Шуцкая // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. - С. 18-25.

10. Мельберт, А.А. Разработка методики оценки ущерба окружающей среде при использовании тепловых двигателей при механизации процессов в животноводстве / А.А. Мельберт, Т.А. Стопарева, **К.С. Боков** // Экологическая безопасность при эксплуатации дизелей в животноводческих помещениях: сб. статей / под ред. А.А. Мельберт; Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - С. 31-35.

11. Новоселов, А.А. Влияние подачи антидымной присадки в цилиндры регулируемой системой со смесителем перед форсункой на уровни вредных выбросов дизеля 8Ч 12/12 / А.А. Новоселов, В.В. Деркачев, **К.С. Боков** // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - Ч. 1. - С. 61-66.

12. Новоселов, А.А. Совершенствование конструкций дизелей и их экологические показатели / А.А. Новоселов, **К.С. Боков**, Н.В. Батулин // Экологические проблемы энергоустановок с тепловыми двигателями: сб. статей / под ред. А.А. Мельберт; Российский союз научных и инженерных организаций, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - С. 4-10.

13. Параметры сгорания в дизеле и качество очистки газов от твердых частиц / А.Л. Новоселов, А.А. Новоселов, **К.С. Боков**, Л.С. Шуцкая // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. - Ч. 2. - С. 11-19.

14. Расход газов, каталитические свойства металлов платиновой группы в составе СВС-блоков нейтрализаторов для дизелей / А.Л. Новоселов, **К.С. Боков**, Е.Н. Титов, Н.П. Тубалов // Ползуновский альманах. - Барнаул, 2009. - № 3 (Т.1). - С. 114-117.

15. Свойства СВС-каталитических материалов для очистки отработавших газов дизелей / А.А. Новоселов, **К.С. Боков**, М.А. Коломеец, Д.Н. Титов // Вибростойкость каталитических нейтрализаторов для дизелей: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. - С. 66-76.

16. Содержание никеля в каталитических блоках и качество очистки отработавших газов дизеля / А.Л. Новоселов, Л.С. Шуцкая, В.В. Деркачев, **К.С. Боков** // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А. Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. - С. 52-56.

17. Содержание хрома в каталитических блоках и качество очистки отработавших газов дизеля / А.А. Мельберт, С.Н. Павлов, А.А. Новоселов, Н.Н. Грабовская, **К.С. Боков** // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей / под ред. А. Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. - С. 62-67.

18. Условия эксплуатации каталитических нейтрализаторов для дизелей / А.А. Новоселов, **К.С. Боков**, М.А. Коломеец, Д.С. Печенникова // Вибростойкость каталитических нейтрализаторов для дизелей: сб. статей / под ред. А.Л. Новоселова; Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2012. - С. 14-19.

19. Патент № 2511833 РФ, МПК F01N 11/00 Установка для испытаний кассетного нейтрализатора отработавших газов двигателя внутреннего сгорания / **Боков К.С.**, Печенникова Д.С., Медведев Г.В., Новоселов А.Л., Новоселов А.А. – № 2012132961/06; заявл.01.08.2012; опубл. в 2014, Бюл. № 10.

Подписано в печать 30.09.2014. Формат 60×84 1/16.

Печать - ризография. Усл.п.л. 1,4 Тираж 120 экз. Заказ 814/2014.

Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46.

Лицензии: ЛР № 020822 от 21.09.98 года, ПЛД № 28-35 от 15.07.97

Отпечатано в ЦОП АлтГТУ 65638, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46



