

На правах рукописи

ЕРЕМЕЕВА Анжелика Михайловна



**ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО
ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЬ-ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
ЛОКОМОТИВОВ**

*Специальность 05.26.01 – Охрана труда (в горной
промышленности)*

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

Санкт-Петербург – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Кориунов Геннадий Иванович

Официальные оппоненты:

Стась Галина Викторовна,

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», кафедра геотехнологий и строительства подземных сооружений, доцент

Кобылкин Сергей Сергеевич,

доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", кафедра безопасности и экологии горного производства, профессор

Ведущая организация – Акционерное общество «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли». г. Кемерово.

Защита диссертации состоится 31 марта 2021 г. в 13 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.09 Горного университета по адресу: 199106, Санкт-Петербург, В.О., 21-я линия, д. 2, ауд. 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru

Автореферат разослан 29 января 2021 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Диссертационного совета



КОВАЛЬСКИЙ
Евгений Ростиславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности. Применение дизель-гидравлических локомотивов (ДГЛ) в угольных шахтах значительно повышает производительность труда при перевозке технических и горюче-смазочных материалов, проведении ремонтно-такелажных работ, строительстве и ремонте подземных дорог, перевозке людей и других видах деятельности.

Однако, на горнодобывающих предприятиях, использующих ДГЛ, воздух рабочих зон загрязняется компонентами выхлопных газов. Повышение в воздухе рабочих зон концентрации оксидов азота и угарного газа приводит к профессиональным заболеваниям персонала угольных шахт, около 3 % из которых связаны с токсическими воздействиями данных газов. Соответственно, преимущества от применения ДГЛ в угольных шахтах могут быть достигнуты только при условии минимизации вредных выбросов, которые в противном случае приводят к профессиональным заболеваниям органов дыхания.

В связи с непостоянством газового состава воздуха рабочих зон, определение характера совокупного действия основных компонентов выхлопных газов и нормализация условий труда работников по химическому фактору в угольных шахтах приобретают особое значение.

Решением вопроса снижения вредного влияния отработанных газов ДГЛ на здоровье работников занимались Чеботарёв А.Г., Габидулина И.Ю., Измерова Н.И., Головкова Н.П., Борисенков Р.В., Матюхин Г.И., *A. Sydbom, A. Blomberg, S. Parnia, N. Stenfors, T. Sandström, S-E. Dahlén, Ping Chang, Guang Xu* и др. В своих трудах авторы описывают необходимость нормализации вредных выбросов в угольных шахтах, но не исследуют способы их снижения.

Иностранные ученые *Susan T. Bagley, Winthrop F. Watts, Jason P. Johnson, David B. Kittelson, John H. Johnson, James J. Schauer, Steven E. Mischler, Jay F. Colinet* и др. занимались изучением химического состава воздуха рабочих зон и физических характеристик двигателей ДГЛ до и после использования фильтров,

альтернативного топлива и различных модификаций двигателей. В качестве эффективного способа снижения выбросов рассматривались двигатели с электронным управлением, но при этом способе снижение концентрации выбросов происходит только до значений, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), разрешенные действующими нормами РФ.

Таким образом, разработка способа защиты подземного персонала угольных шахт от воздействия вредных выбросов дизель-гидравлических локомотивов является актуальной задачей.

Цель работы. Улучшение условий труда на рабочем месте машиниста дизель-гидравлического локомотива по химическому фактору за счет снижения концентрации вредных газов в воздухе рабочих зон.

Идея работы. Снижение концентрации вредных газов от дизель-гидравлических локомотивов на рабочих местах машинистов дизель-гидравлического локомотива угольных шахт обеспечивается применением добавок к дизельному топливу, снижающих объемы выбросов вредных газов при работе дизель-гидравлических локомотивов.

Основные задачи исследований:

1. Анализ источников, состава и количества вредных газов в воздухе рабочих зон угольных шахт.
2. Анализ условий труда по химическому фактору в рабочих зонах угольных шахт.
3. Разработка состава добавок к дизельному топливу (ДТ) для снижения концентрации вредных выбросов в угольных шахтах и исследование их эффективности при работе ДГЛ.
4. Оценка параметров воздуха рабочих зон при работе ДГЛ с использованием топлива с добавками.
5. Разработка рекомендаций по использованию топлива с добавками в целях защиты подземного персонала от вредных выбросов при работе ДГЛ.

Научная новизна:

1. Установлена зависимость изменения концентрации вредных газов в воздухе рабочих зон угольных шахт от количественного состава добавок к дизельному топливу.

2. Получены зависимости изменения состава воздуха на рабочем месте машиниста дизель-гидравлического локомотива угольных шахт от режимов работы двигателя при использовании добавки и без нее.

Основные защищаемые положения:

1. Оценка загрязненности воздуха рабочих зон угарным газом и оксидами азота, а также выбор мероприятий по их снижению следует осуществлять с учетом основного источника поступления в воздух рабочих зон оксидов азота и угарного газа – дизель-гидравлических локомотивов, доля выбросов от которых достигает более 90 % от общего количества данных газов.

2. Снижение количества вредных выбросов в воздухе рабочих зон, в том числе угарного газа и оксидов азота, достигается применением добавки к топливу дизель-гидравлических локомотивов, состоящей из смеси сложных эфиров, полученных из растительного масла и спирта в соотношении 2:1.

3. Улучшение условий труда на рабочем месте машиниста дизель-гидравлического локомотива по химическому фактору в условиях угольных шахт за счет снижения концентрации угарного газа и оксидов азота достигается при применении в составе топлива дизель-гидравлических локомотивов добавок, состоящих из смеси сложных эфиров, в количестве до 5 % масс.

Теоретическая и практическая значимость работы:

1. Разработан состав добавки к дизельному топливу для снижения концентрации вредных газов в воздухе рабочих зон при использовании ДГЛ в угольных шахтах.

2. Выявлена степень влияния качественного и количественного состава добавки к дизельному топливу на состав шахтного воздуха.

3. Выполнен расчет количества вредных газов, образующихся при использовании дизельного топлива без добавки и с добавкой.

4. Разработаны рекомендации по производству и применению добавок, предназначенных для снижения концентрации вредных газов при работе ДГЛ в составе воздуха рабочих зон в условиях угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

Методология и методы исследований. Для реализации поставленной цели и решения задач использовались лаборатории на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», а также проводились эксперименты на дизель-гидравлических локомотивах шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

В работе использованы теоретические и экспериментальные методы исследования, включающие анализ статистических данных по количеству вредных газов от работы ДГЛ; анализ отечественных и зарубежных литературных источников по вопросу снижения вредных выбросов при сжигании топлива ДГЛ; патентный поиск; анализ протоколов специальной оценки условий труда (СОУТ) по химическому фактору в рабочих зонах машиниста ДГЛ; синтез добавок; определение физико-химических свойств добавок и дизельного топлива с добавками; определение выбросов при сжигании топлива с добавкой расчетным и экспериментальным методами.

Достоверность полученных результатов работы подтверждается высокой сходимостью результатов теоретических, лабораторных, экспериментальных исследований и производственных испытаний, а также основывается на применении стандартизированных методов измерения концентрации вредных веществ в отработанных газах, определения физико-химических свойств компонентов и составов дизельного топлива и добавок.

Апробация результатов. Основные положения и результаты диссертации представлялись и обсуждались на следующих конкурсах и конференциях: Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодежи «Экотоксикология-2017» (г. Тула, 2017 г.); IV и VI Международная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии функциональных

материалов» (г. Санкт-Петербург, 2017 и 2019 гг.); *58 Konferencija Studenckich Kol Naukowych Pionu Gorniczego 7 grudnia* (г. Краков, Польша, 2017 г.); II Международная научно-практическая конференция «Безопасность и ресурсосбережение в техносфере» (г. Краснодар, 2018 г.); Выставка молодых изобретателей Санкт-Петербурга, проводимая в рамках VI съезда ЦПТИ Российской Федерации (г. Санкт-Петербург, 2018 г.); *13 Freiberg – St. Petersburg Kolloquium junger Wissenschaftler (TU Bergakademie Freiberg*, г. Фрайберг, Германия, 2019 г.); *62nd International Scientific Conference of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”* (г. София, Болгария, 2019 г.); IV Международная научно-практическая конференция «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (г. Санкт-Петербург, 2019 г.); Всероссийская конференция-школа молодых ученых и специалистов «Развитие технологий добычи и обогащения месторождений полезных ископаемых» (г. Санкт-Петербург, 2019 г.); Конкурс работ молодых ученых по вопросам охраны труда, промышленной безопасности и экологии (г. Москва, 2019 г.); XV Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.).

Реализация результатов работы. Разработанные мероприятия и рекомендации по оценке и снижению концентрации угарного газа и оксидов азота в воздухе рабочих зон угольных шахт использованы при планировании мероприятий и способов защиты от вредных газов на рабочих местах машинистов дизель-гидравлических локомотивов шахт АО «СУЭК-Кузбасс».

Результаты научных исследований, полученные в ходе работы, могут использоваться в учебном процессе в Горном университете при изучении дисциплины «Промышленная санитария и гигиена труда».

Личный вклад автора состоит в анализе отечественных и зарубежных литературных источников, непосредственном участии в экспериментах по разработке, получению и исследованию составов добавки, определению состава выхлопных газов при её использовании на стендовой установке, а также при

производственных экспериментах на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс». Сформулированы цель, идея, задачи, основные защищаемые положения и выводы; разработаны практические рекомендации по улучшению условий труда по химическому фактору в угольных шахтах.

Публикации. Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 22 печатных работах, в том числе в 1 статье - в издании из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 1 статье – в издании из Перечня ВАК и входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 2 патента на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка, включающего 112 наименований, и восьми приложений. Изложена на 125 страницах машинописного текста и содержит 38 рисунков и 48 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена актуальность диссертации, сформулированы цель и задачи, идея, научная новизна работы, а также отражена теоретическая и практическая значимость полученных результатов исследований.

В первой главе диссертации рассмотрены процессы образования вредных газов в воздухе рабочих зон, мировой опыт по способам и средствам очистки выхлопных газов при работе ДГЛ в угольных шахтах; приведены и проанализированы данные по составу воздуха рабочих зон; проанализированы существующие нормативы по концентрации вредных газов, образующихся при работе ДГЛ в воздухе рабочей зоны угольных шахт; рассмотрено влияние вредных выбросов на здоровье подземного персонала.

Во второй главе диссертации представлены результаты по разработке состава добавок к дизельному топливу для снижения

вредных выбросов; определены технологические параметры процесса их получения, оптимальное содержание добавки в топливе.

В третьей главе диссертации расчетным путем доказано снижение концентрации вредных веществ в выхлопных газах при использовании добавки; изложены результаты стендовых и шахтных исследований по использованию дизельного топлива с разработанными добавками, основные зависимости изменения концентрации угарного газа и оксидов азота в воздухе рабочих зон при работе ДГЛ.

В четвертой главе диссертации разработаны рекомендации по использованию добавок для снижения концентрации вредных газов при работе ДГЛ в воздухе рабочих зон шахт АО «СУЭК-Кузбасс»; рассчитан класс условий труда в рабочей зоне машиниста ДГЛ по химическому фактору; разработана модель визуализации распространения выхлопных газов от ДГЛ при использовании добавок и без них; приведено технико-экономическое обоснование процесса получения добавки к дизельному топливу в условиях АО «СУЭК-Кузбасс».

В заключении обобщены результаты проведенных исследований в соответствии с поставленными задачами.

Основные результаты диссертации отражены в следующих защищаемых положениях:

1. Оценка загрязненности воздуха рабочих зон угарным газом и оксидами азота, а также выбор мероприятий по их снижению следует осуществлять с учетом основного источника поступления в воздух рабочих зон оксидов азота и угарного газа – дизель-гидравлических локомотивов, доля выбросов от которых достигает более 90 % от общего количества данных газов.

Из анализа состава воздуха рабочих зон угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс», выполненного автором, следует, что наибольшее превышение ПДК приходится на такие газы, как угарный газ и оксиды азота. Данные газы оказывают негативное влияние на здоровье персонала, вызывая профессиональные заболевания органов дыхания.

Выбросы оксидов азота и угарного газа образуются в воздухе рабочих зон при пожарах, окислении угля, сгорании топлива. Для определения наличия угарного газа и оксидов азота в воздухе рабочих зон были проведены замеры газов на исходящей струе в выработках выемочного участка, в которых используются ДГЛ (таблица 1).

Таблица 1 – Концентрация выбросов в воздухе рабочих зон при работе ДГЛ

Количество маршрутов ДГЛ в выработках	Концентрация газов, об. %			
	CO ₂	O ₂	CO	Оксиды азота
1 маршрут ДГЛ	2,02	22,47	0,0006	0,00002
2 маршрута ДГЛ	2,35	20,92	0,0009	0,00008
4 маршрута ДГЛ	3,14	16,06	0,0015	0,00020

Как видно из таблицы 1, наибольшая концентрация угарного газа и оксидов азота присутствует в выработках с применением двух и более маршрутов ДГЛ, из чего можно сделать вывод, что ДГЛ являются основным источником данных газов в шахтном воздухе.

На шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» в настоящее время используются в основном подвесные дизель-гидравлические локомотивы «DLZ110F», «DLZ110F-180-4», «DLZ110F-180-6» фирмы «Ferrit», «DZ 1800» фирмы «SCHARF» и «KPCS-96» фирмы «Becker», а также напочвенный ДГЛ «KSZS-148». Наибольшее количество работающих ДГЛ приходится на шахты «им. В.Д. Ялевского» и «им. С.М. Кирова».

Время работы ДГЛ – 3 смены по 7 часов, количество охватываемых маршрутов – от 1 до 4.

На примере плана горных работ шахты «им. В.Д. Ялевского» рассмотрены горные выработки, в которых снижение выбросов выхлопных газов ДГЛ может привести к существенному положительному эффекту не только в качестве нормализации параметров воздуха рабочих зон, но и с точки зрения снижения количества воздуха, подаваемого в выработки для проветривания. К таким выработкам относятся тупиковые части проводимых подготовительных выработок, демонтажные камеры, поддерживаемые выработки, проветриваемые по минимальной скорости движения воздуха, выработки с двумя и более маршрутами движения дизель-гидравлических локомотивов и др.

Был проведен анализ объема угарного газа и оксидов азота на исходящей струе шахты «им. В.Д. Ялевского» при работе ДГЛ и в их отсутствии. Результаты замеров представлены на рисунке 1 (а, б).

Из рисунка 1 (а, б), можно сделать вывод, что концентрация угарного газа и оксидов азота в воздухе рабочих зон при использовании ДГЛ возрастает до 90 % в сравнении с составом воздуха в отсутствии ДГЛ.

Состав воздуха на выхлопе ДГЛ на основе протоколов, предоставленных АО «СУЭК-Кузбасс» по шахтам «им. В.Д. Ялевского», ш/у Комсомолец ПЕ «ш. Комсомолец» и «ш. им. С.М. Кирова» показал, что концентрация оксидов углерода (0,0028 % об.; 0,0072 % об. и 0,01688 % об.) превышает допустимую норму (0,0017 % об.) на выхлопе ДГЛ. Концентрация оксидов азота (0,0017 % об.; 0,0021 % об. и 0,0084 % об.) также превышает предельно допустимую концентрацию (0,00035 % об.).

Усредненные количественные и качественные характеристики загрязняющих веществ, находящихся в воздухе рабочих зон на шахте им. С.М. Кирова АО «СУЭК-Кузбасс», приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав вредной примеси воздуха рабочих зон на основных позициях в сравнении со значениями ПДК

Место отбора проб	Концентрация газов, об. %			
	CO ₂	O ₂	CO	Оксиды азота
Рабочее место машиниста ДГЛ	0,04	20,92	0,0018	0,00064
На исходящей струе	0,03	20,92	0,0006	0,00002
На выхлопе (мин. нагрузка)	2,02	16,06	0,0042	0,00080
На выхлопе (макс. нагрузка)	2,04	16,05	0,0076	0,00140
В 20 метрах от ДГЛ	0,12	20,62	0,0001	0,00001
ПДК	-	-	0,0017	0,00025

Таким образом, как видно из представленных результатов, применяемые способы защиты от вредных выбросов на исследованных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» не позволяют снизить концентрацию вредных веществ в выхлопных газах до требований гигиенических норм ГН 2.2.5.1313-03 и Руководства по безопасности «Рекомендации по использованию в угольных шахтах транспортных машин с дизельным приводом».

2. Снижение количества вредных выбросов в воздухе рабочих зон, в том числе угарного газа и оксидов азота,

достигается применением добавки к топливу дизель-гидравлических локомотивов, состоящей из смеси сложных эфиров, полученных из растительного масла и спирта в соотношении 2:1.

Как было показано выше, основные способы коллективной защиты (СКЗ) от влияния вредных газов на работников, такие как использование фильтров и катализаторов, а также интенсивная вентиляция, не всегда эффективны. В связи с этим, в качестве дополнительной меры по снижению вредных выбросов от ДГЛ в данной работе предлагается использовать добавки в дизельное топливо на основе сложных эфиров.

Для получения добавок к дизельному топливу использовались два способа: переэтерификация растительного масла и этерификация жирных кислот. Проведенные лабораторные исследования показали, что наилучшими характеристиками обладают соединения, полученные в процессе переэтерификации растительного масла в сравнении с веществами, полученными с помощью процесса этерификации жирных кислот. Рациональные параметры процесса переэтерификации: температура 195 °С, время реакции 4 часа, скорость перемешивания 250 об/мин, соотношение сырья масло:спирт – 2:1.

Распространенным сырьем для производства добавок являются растительные масла (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические параметры добавок из растительных масел

Свойство	Единицы	Добавка из рыжикового масла	Добавка из льняного масла	Добавка из кукурузного масла
Содержание эфира	%	96,5	95	94
Плотность при 20°С	кг/м ³	0,87659	0,870	0,8758
Вязкость при 40°С	мм ² /с	4,5719	5,0	4,492
Температура вспышки	°С	150	135	120
Сера	мг/кг	5,5	6,8	8,51
Цетановое число		56	53	51
Температура застывания	°С	-11	-9	-7
Показатель преломления		1,4506	1,4505	1,4505
Фракционный состав	°С	275-300	280-310	299-350

Проведенными исследованиями установлено, что в качестве сырья для производства добавок может служить рыжиковое масло и двухатомный спирт – этиленгликоль. Компонентный состав добавки, полученной из указанного сырья, представлен на рисунке 2.

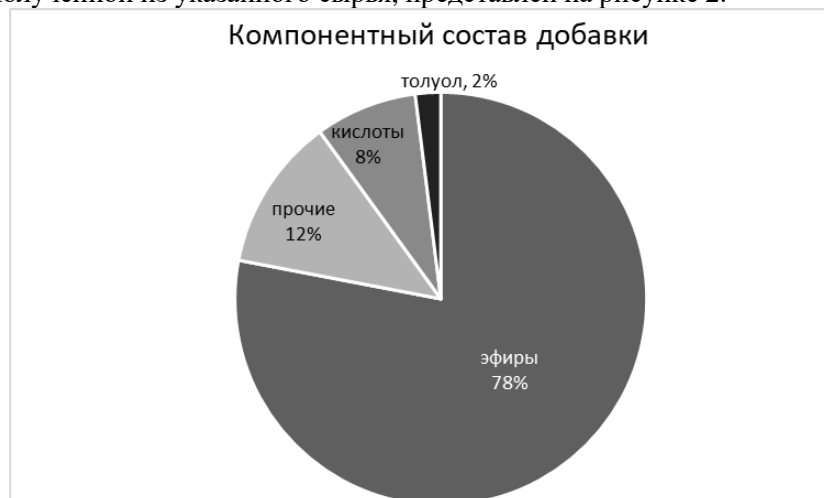


Рисунок 2 – Компонентный состав добавки на основе рыжикового масла и двухатомного спирта

Так как добавки могут различно влиять на свойства топлива при их компаундировании с дизельным топливом, необходимо исследовать характеристики дизельного топлива с каждой из полученных добавок. В таблице 4 приведены данные по исследованным добавкам. Добавки 1-3 получены на основе различного сырья (льняное и кукурузное масла – наиболее распространённые пищевые культуры в России, рыжиковое масло – непищевое сырье, пригодное для выращивания в большинстве климатических зон России); 4-6 – добавки, полученные из рыжикового масла и различных спиртов (одноатомные и двухатомный).

Анализ эксплуатационных и экологических характеристик топлива с добавками, представленных в таблице 4, показал, что смесевое топливо с добавкой 5, полученной из рыжикового масла, обладает лучшими свойствами в сравнении с использованием добавок из других растительных масел.

Таблица 4 – Физико-химические показатели ДТ с добавками

	Содержание эфира, %	Плотность при 20 °С, г/см ³	Вязкость при 40 °С, мм ² /с	Содержание серы, мг/кг	Температура замерзания, °С	Смазывающая способность, мкм
ДТ + добавка 1						
Образец 1	1	0,855	4,57	7	-13	378
Образец 2	5	0,856	5,00	7	-13	335
Образец 3	10	0,857	4,49	7	-12	253
ДТ + добавка 2						
Образец 4	1	0,855	4,00	7	-13	332
Образец 5	5	0,855	4,09	7	-13	327
Образец 6	10	0,856	4,22	7	-13	308
ДТ + добавка 3						
Образец 7	1	0,855	4,95	7	-13	412
Образец 8	5	0,856	4,99	7	-13	329
Образец 9	10	0,857	4,89	7	-12	283
ДТ + добавка 4						
Образец 10	1	0,835	2,83	1	-12	194
Образец 11	5	0,837	3,01	3	-12	151
Образец 12	10	0,841	3,26	8	-13	213
ДТ + добавка 5						
Образец 13	1	0,835	2,83	33	-12	195
Образец 14	5	0,837	3,02	10	-13	113
Образец 15	10	0,840	3,29	10	-13	133
ДТ + добавка 6						
Образец 16	1	0,835	2,85	27	-12	305
Образец 17	5	0,839	3,12	19	-12	265
Образец 18	10	0,843	3,52	14	-13	207

Для исследований был выбран образец дизельного топлива с добавкой 5 в количестве добавки 5% масс., т.к. данный образец относится к экологическому классу ЕВРО 5 по содержанию серы, и

обладает лучшей смазывающей способностью (основной показатель срока службы деталей двигателя) 113 мкм.

Лабораторные и стендовые испытания показали, что при введении добавки в ДТ, по сравнению с использованием гидроочищенного дизельного топлива без добавки, концентрация угарного газа в отработанных газах снижается на 16-70 % при максимальной нагрузке двигателя и на 30-50 % при частичной нагрузке (75 %) (рисунок 3а). Дополнительно была измерена концентрация углеводородов в отработанных газах, которая снижалась на 6-26 % при максимальной нагрузке и на 25-43 % при частичной нагрузке (75 %) (рисунок 3б).

Шахтные испытания дизельного топлива с разработанной добавкой в двигателе «Zetor 1404 турбо» показали, что ее использование в количестве 5 % масс в составе топлива позволяет снизить выбросы СО при его сжигании в сравнении с использованием обычного дизельного топлива на 19-60% (с 0,0329% до 0,0129% при работе на холостом ходу ДГЛ, с 0,0107% до 0,0087% при работе на максимальной нагрузке). Также при этом происходит снижение концентрации оксидов азота – на 17-98% (с 0,01445% до 0,00025% при работе на холостом ходу, с 0,02254% до 0,01869% при работе на средних оборотах).

Таким образом, приведенные результаты исследований показывают эффективность использования разработанной добавки в топливо ДГЛ. Ее применение позволяет значительно снизить концентрацию вредных выбросов в горных выработках шахт, что, в свою очередь, приводит к улучшению условий труда подземного персонала по химическому фактору.

3. Улучшение условий труда на рабочем месте машиниста дизель-гидравлического локомотива по химическому фактору в условиях угольных шахт за счет снижения концентрации угарного газа и оксидов азота достигается при применении в составе топлива дизель-гидравлических локомотивов добавок, состоящих из смеси сложных эфиров, в количестве до 5 % масс.

Задачей производственного эксперимента была сравнительная оценка содержания угарного газа и оксидов азота в выхлопных газах в

рабочей зоне машиниста ДГЛ без использования добавки в топливе и с ней (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительный анализ содержания угарного газа и оксидов азота в рабочей зоне машиниста ДГЛ при применении добавки и без нее

	До применения СКЗ		После применения СКЗ	
	СО	Оксиды азота	СО	Оксиды азота
шахта «им. С.М. Кирова»				
на холостых оборотах				
ПДК, %	0,0017	0,00025	0,0017	0,00025
Превышение, раз	2,7	3,0	0,8	0,7
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при 1520 об/мин				
Превышение, раз	2,1	2,7	0,7	0,5
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при максимальных оборотах				
Превышение, раз	2,0	1,7	-	-
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
ШУ «Комсомолец ПЕ шахта «Польсаевская»				
на холостых оборотах				
Превышение, раз	1,4	1,8	0,5	0,6
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при 1520 об/мин				
Превышение, раз	1,8	1,7	0,4	0,5
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при максимальных оборотах				
Превышение, раз	2,0	1,9	0,2	-
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
шахта «им. В.Д. Ялевского»				
на холостых оборотах				
Превышение, раз	2,2	2,0	0,5	0,4
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при 1520 об/мин				
Превышение, раз	2,4	2,8	0,5	0,4
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2
при максимальных оборотах				
Превышение, раз	2,5	3,0	0,4	0,3
Класс условий труда	3.1	3.1	2	2

В воздухе рабочих зон персонала угольных шахт присутствуют повышенные концентрации вредных газов, что отражено и в протоколах специальной оценки условий труда (СОУТ) по химическому фактору. Как показал анализ результатов СОУТ, эффективность проводимых на шахтах мероприятий по снижению выбросов отработанных газов в ряде случаев недостаточна. По отдельным рабочим местам класс условий труда по химическому фактору равен 3.1 или 3.2.

В рамках производственного эксперимента установлено, что на рабочем месте машиниста ДГЛ, а также в примыкающей рабочей зоне (например, в двадцатиметровой зоне от ДГЛ), имеются точки с превышением содержания углекислого газа, угарного газа и оксидов азота в воздухе. Максимальное превышение по угарному газу составляет 6,7 раз, по оксидам азота – 10 раз.

На рисунке 4, выполненном с помощью программного обеспечения *Alsys CFX*, показано распределение угарного газа в рабочей зоне машиниста ДГЛ при работе двигателя с использованием топлива без добавки на максимальных оборотах, из которого видно, что в вертикальном сечении кабины ДГЛ на уровне органов дыхания имеются превышения по концентрации угарного газа.

Как видно из таблицы 5, применение добавки в количестве 5 % масс. позволяет достигнуть улучшения условий труда в рабочей зоне машиниста ДГЛ по химическому фактору и снизить класс условий труда с 3.1. до 2.

Проведенное технико-экономическое обоснование производства добавки свидетельствует о целесообразности её получения на базе угледобывающей компании АО «СУЭК-Кузбасс».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая решает актуальную задачу улучшения условий труда на рабочем месте машиниста дизель-гидравлического локомотива по химическому фактору за счет снижения концентрации вредных газов в воздухе рабочих зон.

Основные научные результаты и практические рекомендации отражены в следующих выводах:

1. Установлено, что до 90% выбросов угарного газа и оксидов азота образуется при работе дизель-гидравлических локомотивов.

2. Определено, что в рабочей зоне машиниста дизель-гидравлических локомотивов в угольных шахтах концентрация угарного газа и оксидов азота превышает норму более чем в 2 раза.

3. Добавка, полученная из рыжикового масла, обладает лучшими экологическими и эксплуатационными характеристиками по сравнению с использованием других видов сырья. Экспериментально установлено, что содержание данной добавки в смеси с гидроочищенным дизельным топливом должно составлять 5 %.

4. Стендовые испытания добавок на дизельном двигателе показали, что концентрация оксидов углерода в отработанных газах снижается на 16-70 % при максимальной нагрузке и на 30-50 % при частичной нагрузке (75 %) в зависимости от числа оборотов, и дополнительно измененная концентрация углеводородов в отработанных газах снижается на 6-26 % при максимальной нагрузке и на 25-43 % при частичной нагрузке (75 %). Дымность отработанных газов снижается до 71 %.

5. Доказано, что использование добавки в двигателе «Zetor 1404 турбо» позволяет снизить выбросы СО при сжигании ДТ с добавкой в сравнении с использованием обычного дизельного топлива на 19-60%, и снизить концентрацию оксидов азота на 17-98%.

6. Использование разработанной добавки к дизельному топливу позволяет снизить класс условий труда по химическому фактору на рабочих местах машиниста ДГЛ с 3.1 до 2.

7. Целесообразность производства добавки на базе угледобывающей компании АО «СУЭК-Кузбасс» доказывается проведенным технико-экономическим обоснованием. Себестоимость добавки составляет 23 руб/л.

8. Научные положения диссертации и технические разработки обеспечивают дальнейшее развитие теории и технологии защиты от вредных газов персонала в капитальных и подготовительных горных выработках угольных шахт. Исследование может получить

продолжение при совершенствовании существующих и разработке новых способов защиты от вредных химических факторов.

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Коршунов, Г.И. Снижение вредных выбросов при работе дизельного двигателя в угольных шахтах / Г.И. Коршунов, Н.К. Кондрашева, А.М. Еремеева // ГИАБ: горный информационно-аналитический бюллетень, 2019. - № S6. – С. 112-119. - DOI: 10.25018/0236-1493-2019-4-6-112-119.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК и входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

2. Мешков, А.А. Способ снижения загрязненности воздуха рабочих зон угольных шахт вредными выбросами дизелевозов / А.А. Мешков, Г.И. Коршунов, Н.К. Кондрашева, А.М. Еремеева, А.С. Серегин // Безопасность труда в промышленности. - 2020. - № 1. – С.68-72. – DOI: 10.24000/0409-2961-2020-1-68-7.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и систему цитирования Scopus:

3. Kondrasheva, N.K., Development of environmentally friendly diesel fuel / N.K. Kondrasheva, A.M. Eremeeva, K.S. Nelkenbaum, O.A. Baulin, O.A. Dubovikov // Petroleum Science and Technology. - 2019. - № 37:12. – PP. 1478-1484. - DOI: 10.1080/10916466.2019.1594285

Кондрашева, Н.К. Изучение возможности улучшения свойств экологически чистых дизельных топлив / Н.К. Кондрашева, А.М. Еремеева, К.С. Нелькенбаум, О.А. Баулин, О.А. Дубовиков // Нефтяная наука и технология. - 2019. - № 37:12. - С. 1478-1484. DOI: 10.1080/10916466.2019.1594285.

4. Eremeeva, A.M. Method to reduce harmful emissions when diesel locomotives operate in coal mines / A.M. Eremeeva, N.K. Kondrasheva, G.I. Korshunov // Topical Issues of Rational Use of Natural Resources, 2019. - № 1. – PP. 10-16. - DOI: 10.1201/9781003014577-2

Еремеева, А.М. Способ снижения вредных выбросов при

работе дизелевозов в угольных шахтах / А.М. Еремеева, Н.К. Кондрашева, Г.И. Коршунов // Актуальные вопросы рационального использования природных ресурсов, 2019, 2020. - С.10-16. - DOI: 10.1201/9781003014577-2.

Публикации в прочих изданиях:

5. Korshunov, G.I. Reduction of emissions impact on the environment and health of coal mine workers / G.I. Korshunov, A.M. Eremeeva, N.K. Kondrasheva // Journal of Mining and Geological Sciences, - 2019. - V. 62. - № 2. – PP. 21-25.

Коршунов, Г.И. Снижение вредного воздействия на экологию и здоровье работников угольных шахт / Г.И. Коршунов, А.М. Еремеева, Н.К. Кондрашева // Журнал горных и геологических наук, 2019. - Т. 62. - № 2. - С. 21-25.

6. Кондрашева, Н.К. Снижение вредных выбросов при работе дизельного двигателя / Н.К. Кондрашева, А.М. Еремеева, К.С. Нелькенбаум // Известия СПбГТИ(ТУ), 2018. - № 42. - С. 54-57.

Патенты:

1. Патент № 2 650 119 С1 Российская Федерация, МПК С10L 1/08(2006.01), С10L 1/00(2006.01), С10L 1/19(2006.01), С10L 1/14(2006.01), С10L 1/18(2006.01), С10L 10/08(2006.01). Состав экологически чистого дизельного топлива (ЭЧДТ): № 2017100655 : заявл. 10.01.2017: опубл. 09.04.2018 / Кондрашева Н.К., Еремеева А.М., Нелькенбаум К.С., Нелькенбаум С.Я. ; заявители федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет", ООО "Синтез ТНП"

2. Патент № 2 616 297 С1 Российская Федерация, МПК С10L 1/08 (2006.01); С10L 1/00 (2006.01); С10L 1/182 (2006.01). Способ получения экологически чистого дизельного топлива: № 2015145928 : заявл. 26.10.2015: опубл. 14.04.2017 / Кондрашева Н.К., Еремеева А.М., Олейник И.Л.; заявители федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет".

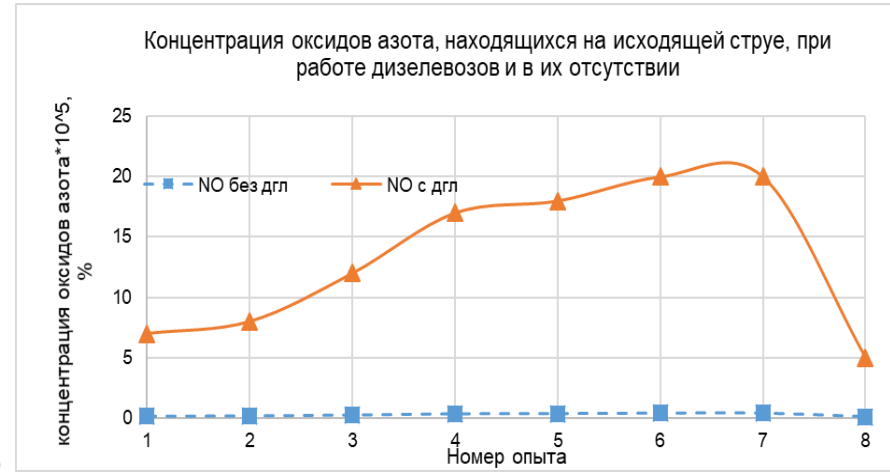
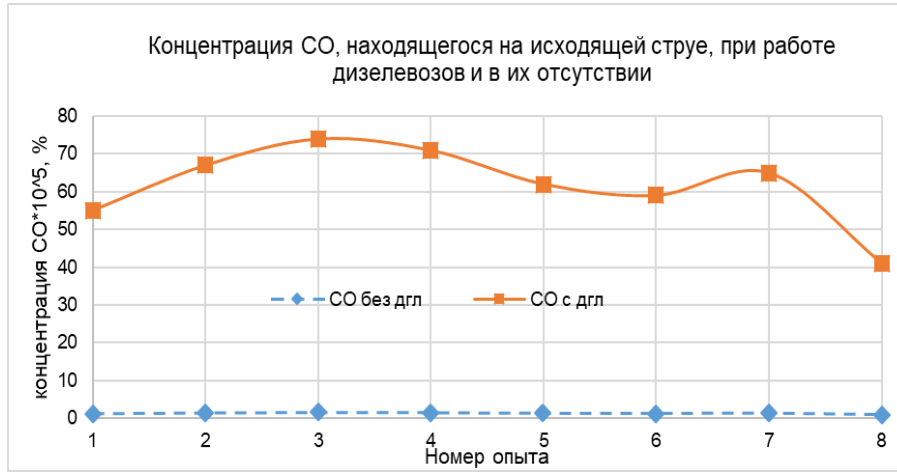


Рисунок 1 – Зависимость концентрации вредных газов на главной исходящей струе от наличия ДГЛ в выработке
 а) угарного газа; б) оксидов азота

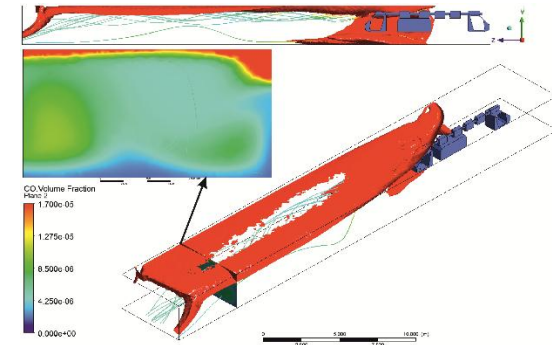
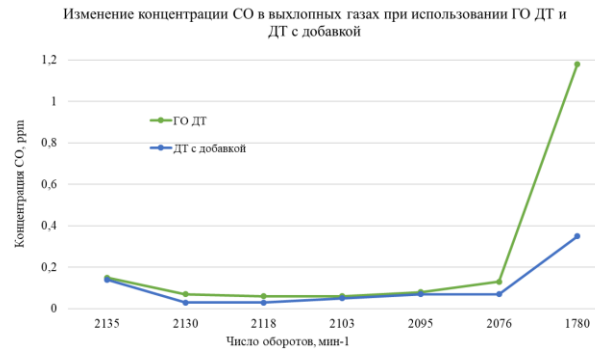


Рисунок 3 – Изменение количества вредных газов при использовании ДТ и ДТ с добавкой при максимальной нагрузке
 а) углеводороды; б) угарный газ

Рисунок 4 – Распределение выхлопных газов в рабочей зоне машиниста ДГЛ