

ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 66.013.8 (043.3)

ДРОНЧЕНКО

Владимир Александрович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальностям:

05.26.01 – охрана труда (топливная и химическая промышленность),
25.03.13 – геоэкология (технические науки)

Новополоцк, 2021

Работа выполнена в учреждении образования «Полоцкий государственный университет»

Научный руководитель **Иванов Владимир Петрович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта учреждения образования «Полоцкий государственный университет»

Официальные оппоненты: **Бровка Геннадий Петрович**, доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией физико-химической механики природных дисперсных систем государственного научного учреждения «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»;
Скрипко Алексей Николаевич, кандидат технических наук, начальник отдела исследований в области предупреждения чрезвычайных ситуаций НИИ ПБ и ЧС МЧС Республики Беларусь

Оппонирующая организация Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «16» апреля 2021 г. в 13.00 часов на заседании совета по защите диссертаций К 02.19.01 при Полоцком государственном университете по адресу: 221440, г. Полоцк, ул. Стрелецкая, 4, ауд. 255, тел. ученого секретаря: +375 (214) 53-50-79, e-mail: post@psu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Полоцкого государственного университета.

Автореферат разослан «15» марта 2021 г.

**Ученый секретарь
совета по защите диссертаций**



О.В. Голубева

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение жизни и здоровья рабочих, защита окружающей среды – важные направления социально-экономической политики Республики Беларусь.

Нефтехимический комплекс в значительной степени определяет социально-экономическое состояние государства. Его предприятия интенсивно совершенствуют технологические процессы в результате реконструкции и ремонта основного производства силами вспомогательного производства, что связано с образованием нефтесодержащих отходов (НСО) с долей масел 94%, которые оказывают вредное воздействие на здоровье персонала и окружающую среду.

Работа с НСО или нахождение вблизи них провоцируют различные заболевания, поэтому разработка методов и способов утилизации этих отходов имеет важное как научное, так и практическое значение.

В Республике Беларусь ежегодно предприятиями страны собирается и перерабатывается (без учета сжигания) 8300 т отработанных масел, что составляет менее 10% от потребления. Несобранные отходы могут попадать в подземные и грунтовые воды, почву, загрязняя их. Улучшение экологической ситуации требует проведения научных исследований в области поиска технических методов и средств безопасной утилизации НСО, применимых к сравнительно небольшим объемам отходов и не требующих больших капитальных затрат.

Актуальность работы определена необходимостью комплексного решения проблемы исключения вредного влияния НСО на здоровье персонала и окружающую среду путем использования этих отходов для приготовления товарных продуктов, не требующих высокой степени очистки от механических примесей, а наличие воды в них не является негативным фактором.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами

Тематика диссертационной работы соответствует следующим приоритетным направлениям научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: «Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов: устойчивое использование природных ресурсов и охрана окружающей среды» (утверждено Указом Президента Республики Беларусь от 22.04.2015 г. № 166); «Экология и природопользование»; «Безопасность человека, общества и государства» (утверждены постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12.03.2015 г. № 190).

Работа выполнялась в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем: «Проблемы устойчивого функционирования объектов магистрального трубопроводного транспорта хранения и распределения нефти и газа» (2017–2019 гг.,

№ ГР 201703571); «Разработка и исследование инновационных энерго- и ресурсосберегающих материалов, технологий с использованием сырьевых ресурсов Полоцкого региона» (2016–2019 гг., № ГР 20162588); «Разработка теоретических основ использования и утилизации нефтесодержащих сточных вод, отработанных смазочных материалов» (1996 г., № ГР 1996648); «Исследование гидромеханики и теплообмена вихревых струйных течений вязкой жидкости применительно к энергосберегающим технологиям химтехники, ремонта машин и станков» (1991–1995 гг., ГБ 1791, Новополоцк).

Цель и задачи исследования

Цель диссертационного исследования – улучшение безопасности труда персонала и защита окружающей среды от вредного воздействия нефтесодержащих отходов путем разработки способов их переработки и утилизации.

В соответствии с поставленной целью решались следующие *задачи*:

- исследовать влияние нефтесодержащих отходов вспомогательного производства предприятий нефтехимического комплекса на здоровье рабочих и окружающую среду с разработкой концепции переработки и использования этих отходов;
- разработать математические модели эмульгирования нефтесодержащих отходов и воды разрушением поверхности их раздела ударными волнами и горения капель полученной эмульсии, позволяющие обосновать режимы их переработки;
- обосновать состав материала антиадгезионного покрытия форм при производстве железобетонных конструкций и исследовать режимы работы парового котла при сжигании нефтесодержащей эмульсии в качестве добавки к газовому топливу;
- разработать и апробировать метод поиска и обоснования технических решений, связанных с охраной труда и защитой окружающей среды;
- разработать и внедрить технологические процессы и оборудование для получения и использования эмульсии из нефтесодержащих отходов с гигиенической и технико-экономической оценкой.

Объект исследования – нефтесодержащие отходы участка по разборке и очистке технологического оборудования.

Предмет исследования – состав, свойства и технологические режимы приготовления и использования эмульсии на основе нефтесодержащих отходов.

Научная новизна

Раскрыты и описаны закономерности образования эмульсий из двух несмешивающихся жидкостей с разрушением поверхности их раздела ударными волнами, генерируемыми пневматическим излучателем, и горения капель эмульсий в факеле парового котла. Установлены экспериментальные зависимости стабильности эмульсии на основе нефтесодержащих отходов от ее состава и режимов приготовления. Развитие метода поиска технического решения, обеспечивающего безопасный труд персонала и экологическую безопасность про-

изводства. Обоснованы условия обеспечения безопасного труда работников участка по разборке и очистке технологического оборудования и уменьшения вредных выбросов в атмосферу при добавлении эмульсии к основному топливу, сжигаемому в котельных.

Положения, выносимые на защиту

1. Закономерности эмульгирования двух несмешивающихся жидкостей разрушением поверхности их раздела ударными волнами, позволяющие установить зависимость размера капель эмульсии от длины волны наиболее неустойчивого возмущения поверхности раздела жидкостей, волнового числа, круговой частоты пульсаций скорости потока и критерия Струхала.

2. Математическая модель горения нефтесодержащей эмульсии в топке котла, устанавливающая несколько последовательных срывов поверхностного слоя капли эмульсии, а также влияние влагосодержания топлива на их количество и сокращение времени горения, что уменьшает длину факела со снижением его температуры и концентрации вредных веществ в дымовых газах котла.

3. Материал антиадгезионного покрытия, наносимого на поверхности форм для изготовления железобетонных изделий, в виде эмульсии из сточных вод с отработанными растворами технических моющих средств и нефтесодержащей составляющей из моторного и трансмиссионного масел, топливных фракций и пластичных смазок, отличающийся включением в его состав водного раствора Лабомида-101 и негашеной извести, что обеспечивает нормативное качество поверхностей изготавливаемых изделий с уменьшением их себестоимости.

4. Способ утилизации нефтесодержащих отходов, включающий их сбор, эмульгирование ударными волнами, подогрев и сжигание в качестве вторичного энергоресурса с печным топливом или природным газом в паровых котлах, обеспечивающий уменьшение в выбросах оксидов азота на 28–45% и оксида углерода (II) на 43–59%, а также уменьшение расхода первичного топлива на 3–5% и индекса риска загрязнения воздуха на рабочем месте.

5. Метод поиска технического решения, обеспечивающего безопасный труд рабочих и экологическую безопасность производства, как обоснование оптимальной структуры разрабатываемых оборудования или процессов, включающий описание в виде графа множества элементов решения и отличающийся выбором наилучшего из них с помощью динамического программирования, учетом ограничений по критериям допустимого риска для здоровья рабочих, производительности труда и качества продукции при минимальном расходе производственных ресурсов.

Личный вклад соискателя. Комплекс теоретических и экспериментальных исследований и предложенные технологии утилизации нефтесодержащих отходов, основные научные результаты, их практическая реализация, положения,

выносимые на защиту, получены и проведены соискателем лично. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертационной работе результатов. Совместно с научным руководителем, доктором технических наук, профессором В.П. Ивановым выбрано научно-техническое направление и определены задачи исследования.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов.

Представленные в диссертационной работе результаты исследований доложены и обсуждены на 25 международных конференциях и конгрессах, основными из которых являются: 20-й международный научный симпозиум MSN (Зелена-Гура, 11–12 мая 1998 г.); международная научно-техническая конференция «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилев, 16–17 апреля 2009 г., 16–17 апреля 2015 г.); Международная научно-практическая конференция «National and European dimension in research = Национальный и Европейский контексты в научных исследованиях» (Новополоцк, 2011–2013 гг., 2016–2018 гг.); международный научно-практический симпозиум «Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto = Достижения и перспективы в области аграрной инженерии и автомобильного транспорта» (Кишинев, 24–25 сентября, 2015 г.); 16-я Международная научно-техническая конференция «Инженерия поверхности и реновация изделий» (Одесса, 30 мая – 3 июня 2016 г.); международная научно-техническая конференция «Новые технологии и материалы, автоматизация производства» (Брест, 2–3 ноября 2016 г.); евразийский конгресс «Фундаментальные основы и практический опыт при проведении сервиса и рециклинга техники» (Москва, 15–16 декабря 2016 г.).

Результаты диссертации внедрены в производство ОАО Полоцкий завод «Проммашремонт» (2 акта о практическом использовании (внедрении)), филиал «НЖБ» ОАО «Кричевцементношифер» (1 акт) и в учебный процесс кафедр химической техники и охраны труда, автомобильного транспорта Полоцкого государственного университета (2 акта).

Опубликованность результатов диссертации

Основные результаты исследований опубликованы в 58 научных работах объемом 28,9 авторского листа, в том числе одной научной монографии, 19 статьях в рецензируемых изданиях, 27 статьях в научных сборниках и в материалах конференций, одном патенте Республики Беларусь.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из перечня сокращений, введения, общей характеристики работы, 5 глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 224 страницах, включает 69 рисунков на 33 страницах, 19 таблиц на 8 страницах, список использованных источников в количестве

217 наименований на 17 страницах, список публикаций соискателя в количестве 58 наименований на 7 страницах и 15 приложений на 36 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Во введении определена необходимость обеспечения защиты здоровья работников и охраны окружающей среды от вредного воздействия НСО, образующихся во вспомогательном производстве предприятий нефтехимического комплекса Республики Беларусь.

В первой главе дана оценка источников и объемов НСО. Показано, что в Беларуси и за рубежом постоянно ужесточаются экологические требования законодательства, что влечет за собой все большие затраты средств предприятия на переработку и утилизацию НСО, особенно отработанных растворов технических моющих средств (ТМС). На основании анализа исследований, связанных с обеспечением охраны труда работников предприятия и защиты окружающей среды от вредного воздействия НСО, показано, что существующие процессы утилизации НСО являются дорогостоящими и их реализация с финансовой точки зрения непосильна для большинства предприятий. Практически все промышленно реализуемые способы требуют больших объемов переработки НСО, что не всегда достижимо. Товарные эмульсии и эмульсолы, используемые в качестве антиадгезионного покрытия форм при производстве железобетонных изделий (ЖБИ), являются дорогостоящими продуктами, что обуславливает поиск альтернативных решений для снижения стоимости этих покрытий. Установлено, что введение водяного пара или воды в топливно-воздушную смесь позволяет уменьшить объем вредных выбросов с дымовыми газами в атмосферу при работе котельных.

Определена *концепция исследования*, заключающаяся в переработке НСО, путем их эмульгирования ударными волнами, генерируемыми пневматическим излучателем, и утилизации полученной эмульсии в результате использования последней, во-первых, в качестве антиадгезионных покрытий рабочих поверхностей форм при изготовлении ЖБИ и, во-вторых, в качестве добавки к топливу котельных агрегатов. Первое направление позволит отказаться от использования дорогих промышленных эмульсолов и смазок, а второе – уменьшить объем вредных выбросов с дымовыми газами в атмосферу за счет управляемого изменения процесса сгорания топлива.

Вторая глава содержит обоснование объекта, предмета и методов исследования. Теоретические исследования потребовали разработки следующих математических моделей: разрушения поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей при эмульгировании; развития в емкости ударной волны, ге-

нерируемой пневматическим излучателем (ПИ); горения капель эмульсии в факеле котла.

Экспериментальные исследования включали определение: влияния содержания воды в эмульсии на её стабильность; оптимального времени работы ПИ, необходимого для приготовления эмульсии с заранее заданной стабильностью; распределения капель дисперсной фазы эмульсии по линейным размерам; допустимого количества топливных фракций в эмульсии, используемой в качестве материала антиадгезионного покрытия поверхностей форм при изготовлении ЖБИ; оптимального количества негашеной извести в эмульсии; доли нефтесодержащей эмульсии в качестве добавки к топливу для котельных; влияния влагосодержания эмульсии на концентрацию оксидов азота NO_x и углерода (II) в дымовых газах при использовании этой эмульсии в качестве добавки к топливу для котельных.

Проверка адекватности всех уравнений регрессии осуществлялась с помощью критерия Фишера F при уровне значимости 5%.

На основании данных фельдшерского здравпункта предприятия проводились исследования по оценке влияния НСО на здоровье работников участка по разборке и очистке технологического оборудования и мероприятий по обеспечению безопасного труда рабочих. Комплексный индекс риска загрязнения воздуха на рабочем месте P определялся по формуле

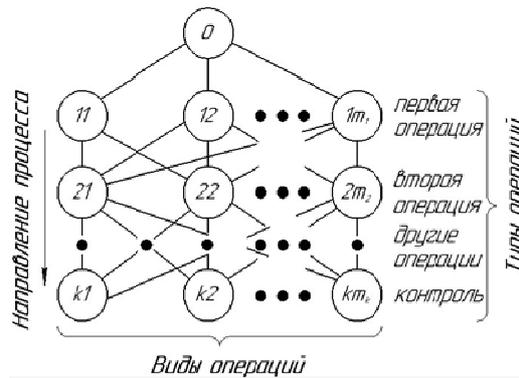
$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2}, \quad (1)$$

где $i = 1 \dots n$ – номер вида загрязняющего вещества;

K_i – нормированные по ПДК концентрации веществ 1, 2, 4 классов опасности i -го вида, приведенные к таковой биологически эквивалентного 3-го класса опасности.

Предложен метод поиска и обоснования технических решений, связанных с охраной труда и защитой окружающей среды с учетом ограничений по безопасности и производительности труда, качеству продукции, требованиям охраны окружающей среды, отличающийся оценкой риска от использования решения, комплексностью и универсальностью. Выбор безопасного и эффективного технологического процесса (устройства) основан на представлении различных сочетаний операций (механизмов), составляющих этот процесс (устройство) в виде графа с помощью «морфологического» анализа, и поиске оптимального варианта с использованием динамического программирования. Применительно к выбору оптимального технологического процесса (рисунок 1), каждый горизонтальный ряд вершин графа – подмножество технологических операций одного типа. Модель рассматривает все технологические операции, как реально существующие, так и потенциально возможные, которые могут быть использованы в процессе с учетом установленных ограничений. Потенциальное количе-

ство вариантов решения определяется как произведение $m_1 \times m_2 \times \dots \times m_k$, но несовместимость некоторых частей решения друг с другом сокращает их число. *Оптимизация технического решения* заключается в следующем: из числа возможных типов и видов, составляющих процесс, находят такую их последовательность, которая обеспечивает установленные ограничения по безопасности и производительности труда с наименьшими затратами. На стадии структурного синтеза преимущество отдают новым техническим решениям. Наилучшее решение выявляется в результате поиска кратчайшего пути из вершины O в одну из вершин нижнего яруса графа, при этом подмножество вершин определяет соответствующую структуру процесса или оборудования.



1, 2, ..., k – типы операций; m_1, m_2, \dots, m_k – количество видов операций каждого типа

Рисунок 1. – Граф вариантов безопасного технологического процесса

Для экспериментальных исследований использовалось следующее оборудование: установка для приготовления эмульсии на основе НСО с ПИ; сборные стальные формы для лабораторных работ по изготовлению бетонных образцов; камера естественного твердения бетонных блоков; котел ДКВр-6,5-13ГМ.

Содержание вредных веществ в воздушной среде на рабочих местах определялось с помощью хроматографа 3700. Размеры капель водной фазы эмульсии определяли при помощи микроскопа МБС-10. Температура среды в факеле котла определялась с помощью термопары ТПР (диапазон значений измеряемой температуры 573–2073 К). Концентрации вредных веществ в дымовых газах (оксидов азота, углерода и серы) определялись анализатором дымовых газов «Testo-350».

В третьей главе приведены результаты аналитических исследований.

Для обоснования параметров разрушения границы раздела двух несмешивающихся жидкостей с поверхностным натяжением σ при эмульгировании под действием пульсаций скорости течения с круговой частотой ω при начальной скорости потоков жидкости v_0 рассматривалось проникновение тяжелой жидкости с плотностью ρ_1 в виде узкого клина в более легкую с плотностью ρ_2 . С ростом возмущения поверхности раздела происходит разделение тяжелой жидкости на капли.

Для выбранной формы импульсной функции были введены обозначения: $\Omega = \rho_2 / \rho_1$ – безразмерная плотность; λ – длина волны; $\varphi = 2\pi/\lambda$ – волновое число; $\Lambda = \sigma\varphi / \rho_1 v_0^2$ – безразмерное волновое число; $E = \Delta v / v_0$ – безразмерная амплитуда пульсаций скорости потока; $Sh = \sigma\omega / \rho_1 v_0^3$ – критерий Струхала, с использованием которых получена формула для вычисления характеристического показателя μ :

$$ch2\pi\mu = \cos(\pi\sqrt{a+b})\cos(\pi\sqrt{a-b}) - \frac{a}{\sqrt{a^2-b^2}}\sin(\pi\sqrt{a+b})\sin(\pi\sqrt{a-b}), \quad (2)$$

где $a = \frac{1}{Sh^2} \left(\frac{2\Lambda^3}{1-\Omega} + \Lambda^2(1+E^2) \right)$;

$$b = 2\Lambda^2 \frac{E}{Sh^2}.$$

Решение уравнения (2) имеет действительную и мнимую часть. Рост возмущений поверхности раздела двух сред, способствующий разделу тяжелой жидкости (воды) на капли, характеризует действительная часть $\mu = f(\Lambda)$ (рисунки 2 и 3).

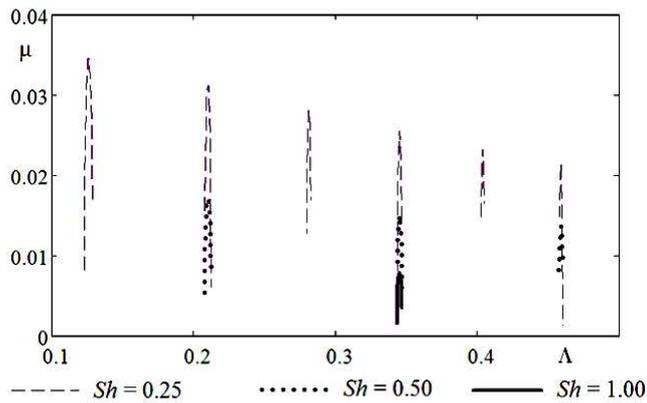


Рисунок 2. – Зависимость $\mu(Sh, \Lambda)$ при $E = 0,75$; $\Omega = 0,9$

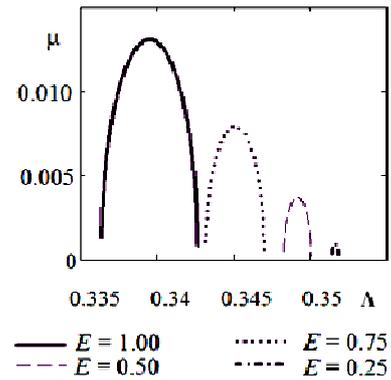


Рисунок 3. – Зависимость μ от Λ при $Sh = 1$; $\Omega = 0,9$

Возникает несколько областей неустойчивости. Смещение положения максимума полученной кривой μ в сторону меньших волновых чисел при одновременном уменьшении критерия Струхала Sh (см. рисунок 2) и увеличении параметра пульсаций скорости потока E (см. рисунок 3) приводит к разрушению поверхности раздела двух сред. Уменьшение длины волны приводит к уменьшению радиуса капель воды в эмульсии, что повышает стабильность эмульсии.

Экспериментальные исследования распределения капель дисперсной фазы (воды) эмульсии с содержанием воды 40% (об.), приготовленной на основании НСО с помощью ударных волн, генерируемых ПИ, по линейным размерам приведены на рисунке 4. Наибольшее количество капель лежит в диапазоне размеров 40–60 мкм и составляет 37%; содержание капель размером менее 20 мкм – около 8%, а содержание крупных капель воды размером более 120 мкм близко к нулю. Из

этой эмульсии выделилось 2% воды за 9 дней, что согласуется с теоретическими расчетами, проведенными для капель диаметром 50 мкм.

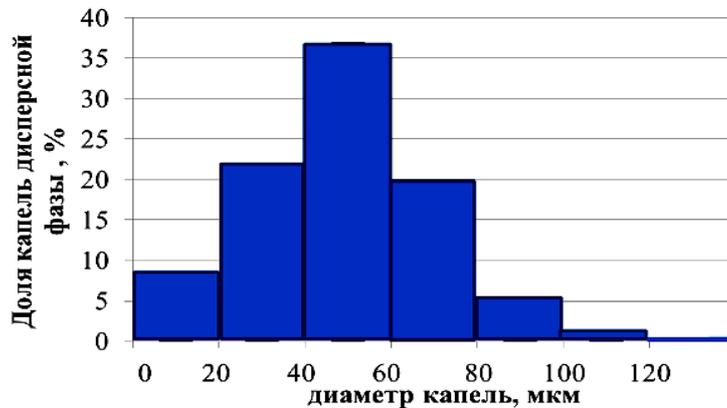


Рисунок 4. – Распределение капель дисперсной фазы (воды) по диаметру

Определение параметров движения фронта волны и давления за фронтом позволило выбрать количество и месторасположение ПИ в емкости. В модели выхлоп сжатого воздуха из камеры ПИ представлен как точечный взрыв в безграничном пространстве. Разработан метод расчета с введением безразмерной переменной с получением уравнения второго порядка в простых производных, интегрирование которого методом Рунге – Кутты второго порядка позволяет определить размеры и форму рабочего пространства, а также значения параметров, необходимых для расчета конструкции на прочность, что позволит в дальнейшем расширить спектр технологий, в которых можно использовать ПИ.

Математическая модель горения водомасляной эмульсии в факеле котла предполагает, в отличие от ранее известных, последовательные срывы оболочки капли парами воды в процессе горения. Когда силы давления водяных паров внутри капли превысят силы её поверхностного натяжения, происходит срыв внешней оболочки. Критерий q_n начала процесса срыва внешней оболочки капли при влагосодержании w определим по формуле

$$q_n = \frac{c_{np} w}{r^n} \int (T_{cp} - 373) r^2 dr > q_0, \quad (3)$$

где T_{cp} – средняя температура факела;

c_{np} – приведенная теплоемкость эмульсии;

q_0 – критическое значение критерия;

n – параметр, зависящий от размера капель (радиуса r).

Результаты численного эксперимента (рисунок 5) для капли с начальным радиусом $r = 1$ мм получены с использованием зависимости (4). Увеличение содержания воды в топливе от 0 до 20% приводит к сокращению времени её горения в 1,2–2,1 раза и росту количества последовательных срывов поверхностного слоя капли от 0 до 4 раз. Данная модель дала возможность осуществить

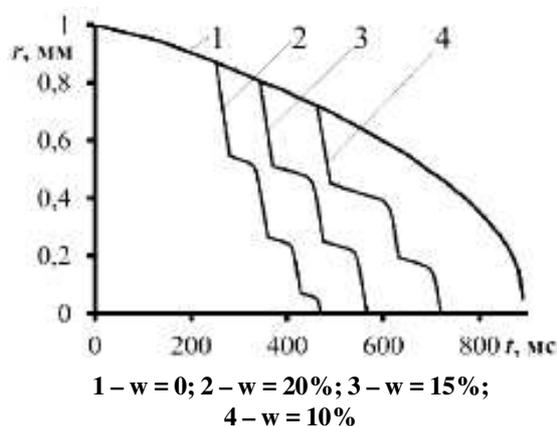


Рисунок 5. – Зависимость изменения радиуса капли r от времени t

ρ – плотность эмульсии;

L – удельная теплота испарения эмульсии;

α – коэффициент теплоотдачи;

T_2 – температура газа.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям по приготовлению и использованию эмульсии из НСО как материала антиадгезионных покрытий и добавки к топливу котельной с целью уменьшения стоимости материала и загрязнения окружающей среды.

В качестве эмульгатора поочередно использовались свежие ТМС МС-32 (эмульгатор № 1) и Лабомид-101 (эмульгатор № 2), взятые в объеме 3% от массы приготовленной эмульсии. При содержании воды 10–20% от объема эмульсии получается стабильная эмульсия, в которой объем выделившейся воды в течение 30 дней после ее приготовления составляет 0,8–1,2%. При содержании воды 30% доля выделившейся воды – 0,8–1,5% (рисунок 6), что позволяет использовать эмульсии не только для нужд самого предприятия, но и для коммерческой реализации. При содержании воды 40% (об.) в течение первых трех дней после ее приготовления объем выделившейся воды, как правило, не превышал 2%. Это дает возможность предприятиям, имеющим установку, приготавливать эмульсию непосредственно перед использованием и экономить сырье для ее производства. Стабильность эмульсии при использовании эмульгатора № 2 выше, чем № 1.

Были получены уравнения регрессии при содержании воды в отходах от 10 до 80%. Например, при содержании воды в отходах 40% (об.):

$$\text{эмульгатор № 1 } y_{1-40\%} = -0,0347t^2 + 1,0124t + 0,1496; \quad (5)$$

$$\text{эмульгатор № 2 } y_{2-40\%} = -0,0195t^2 + 0,7688t - 0,2204, \quad (6)$$

где y – доля выделившейся воды (в индексе: первое число – номер эмульгатора, второе – начальное содержание воды).

оценку влияния влагосодержания на сокращение времени горения капле эмульсии, снижение относительной длины факела и уменьшение его температуры, что позволяет снизить концентрации вредных веществ в дымовых газах.

$$\frac{dr}{dt} = \frac{1 + k_1(T_{cp} - T_1)}{\rho L} \left[\lambda_3 \frac{\partial T_{cp}}{\partial r} - \alpha(T_2 - T_{cp}) \right], \quad (4)$$

где $k_1(T_{cp} - T_1)$ – слагаемое, описывающее процесс срыва оболочки;

T_1 – температура, при которой прекращается срыв оболочки (принята 363 К);

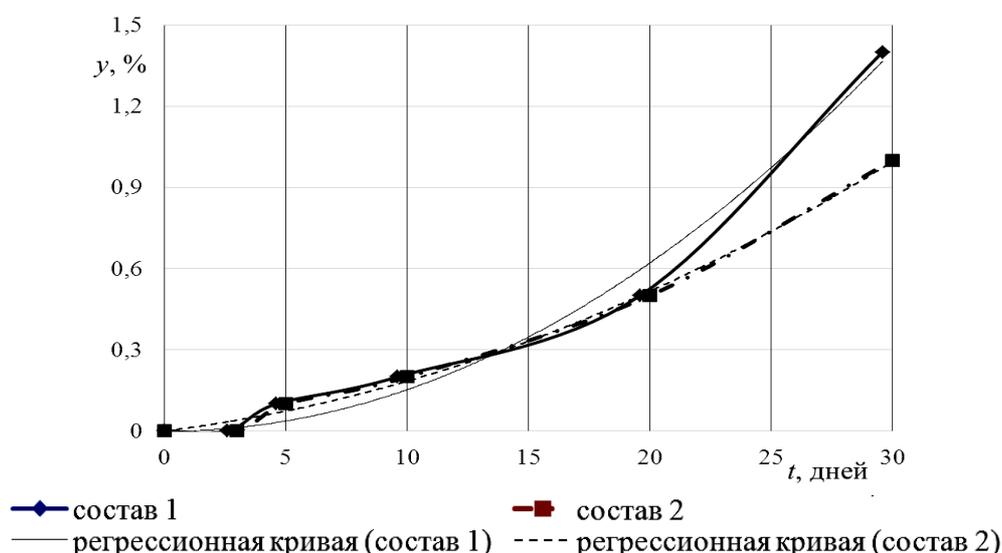


Рисунок 6. – Доля выделившейся воды y из эмульсии за время t при начальном содержании воды в отходах 30% (об.)

Выявлено, что с увеличением содержания воды стабильность эмульсии уменьшается. Так как приготовленная эмульсия является эмульсией типа «вода в масле», увеличение содержания воды ведет к увеличению скорости укрупнения капель воды в эмульсии, а, следовательно, и скорости разделения эмульсии на ее составляющие фракции.

Исследования по определению времени работы ПИ при приготовлении эмульсии с заранее заданной стабильностью проводились при частоте импульсов $1,5 \text{ с}^{-1}$ и давлении в сети сжатого воздуха $0,4 \text{ МПа}$. Получено уравнение регрессии (время работы излучателя $t_{\text{п.и.}}$):

$$y = 29,254 t_{\text{п.и.}}^{-1,593}. \quad (7)$$

Рекомендуемое время работы ПИ составляет 15 мин, поскольку дальнейшее его увеличение не оказывает эффекта на стабильность эмульсии (рисунок 7).

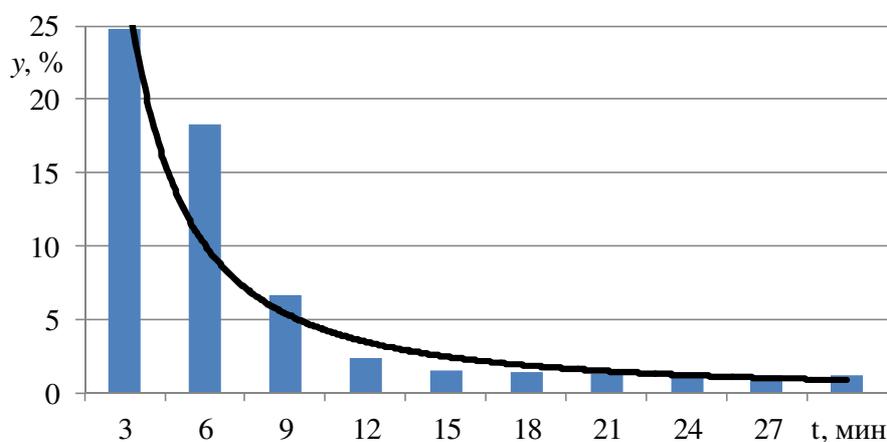


Рисунок 7. – Зависимость доли выделившейся воды y от времени работы ПИ $t_{\text{п.и}}$ (начальное содержание воды в отходах 30%)

Выявлено негативное влияние топливных фракций на качество поверхности ЖБИ (остаются темные жирные пятна), что потребовало использования негашеной извести, наличие которой способствует размыванию границы между фракциями. Рекомендованные составы эмульсии для антиадгезионного покрытия форм для изготовления ЖБИ представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Состав эмульсий для антиадгезионного покрытия

Вид продукции	Содержание воды в НСО (% об.)	ТМС Лабоמיד-101 (% мас.)	Негашеная известь (% мас.)
Эмульсия для продажи	30 (топливных фракций до 6%)	3	1,5
Эмульсия для собственных нужд	40 (топливных фракций до 6%)		1,5
Эмульсия для продажи	30 (без топливных фракций)		–
Эмульсия для собственных нужд	40 (без топливных фракций)		–

Содержание свежего Лабомида-101 при использовании отработанных растворов ТМС вместо воды можно уменьшить на 60%, так как эти растворы включают поверхностно-активные вещества и щелочные добавки. Предлагаемые материалы соответствуют требованиям, предъявляемым к антиадгезионным покрытиям СТБ 1707 «Смазки для форм и опалубок. Общие технические требования». Материал покрытия на поверхности изделия не оставляет масляные пятна, вздутия и отслоения, не вызывает коррозионное воздействие на стальные поверхности форм. Средняя относительная величина снижения адгезии составляет 81,3%, показатель способности удерживаться на вертикальной поверхности равен 76,4%. Ни одно изделие, изготовленное с использованием предлагаемого материала, не показало удельную эффективность естественных радионуклидов, превышающую 370 Бк/кг. Материал внедрен на филиале «НЖБ» ОАО «Кричевцементношифер» в изготовлении изделий с категориями бетонной поверхности до А3.

Влияние влагосодержания эмульсии w на температуру T_ϕ и длину факела l_B / l_0 при сжигании газообразного топлива с добавлением эмульсии определялось при работе котла ДКВр-6,5-13 ГМ.

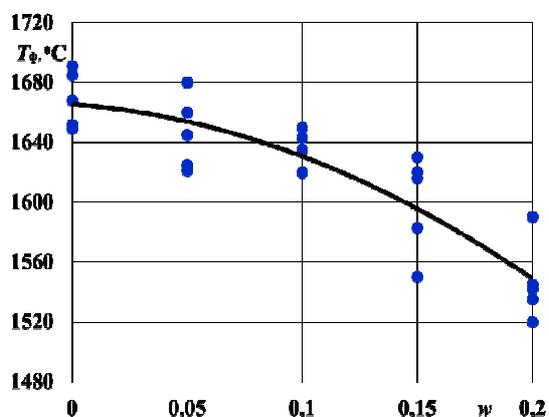


Рисунок 8. – Влияние влагосодержания w (в долях от объема эмульсии) на температуру факела T_ϕ

Получены регрессионные зависимости (8) и (9) соответственно температуры факела T_ϕ (рисунок 8) и относительной его длины (рисунок 9) от влагосодержания w :

$$T_\phi = -2354,3w^2 - 112,34w + 1665; \quad (8)$$

$$l_B / l_0 = 63,2w^3 - 18,463w^2 - 0,1894w + 1, \quad (9)$$

где l_B – длина факела при сжигании топлива с добавлением эмульсии;

l_0 – длина факела при сгорании обезвоженного топлива.

Содержание 10% (об.) воды в эмульсии обуславливает снижение температуры факела на 30–50 °С, а содержание воды 20% – на 100–150 °С. Для малых значений w изменение температуры прямо пропорционально изменению выделившейся при сгорании теплоты. Увеличение влагосодержания топливной смеси уменьшает относительную длину факела l_b / l_0 , что объясняется дроблением парами воды капель эмульсии, при этом их осколки разлетаются в разные стороны. В результате поперечные размеры факела увеличиваются при одновременном сокращении относительной длины факела, что ведет к уменьшению времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне и объясняет снижение доли оксидов азота NO_x в дымовых газах на 28–45% (рисунок 10), оксида углерода (II) – на 43–59% (рисунок 11).

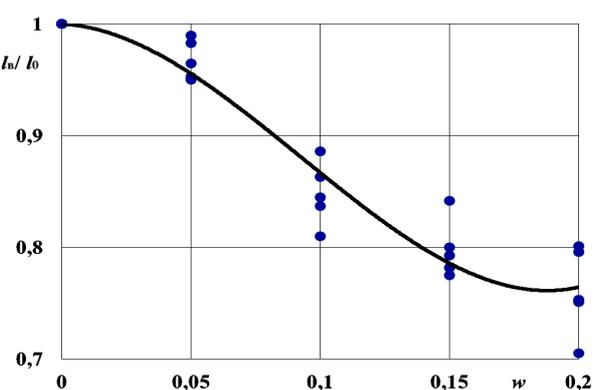


Рисунок 9. – Зависимость относительной длины факела l_b / l_0 от влагосодержания w (в долях от объема эмульсии)

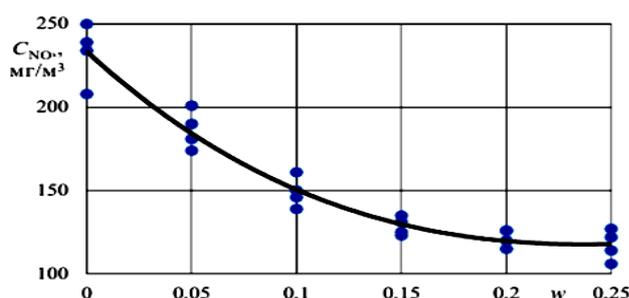


Рисунок 10. – Влияние влагосодержания w (в долях от объема эмульсии) на концентрацию оксидов азота C_{NO_x} в дымовых газах

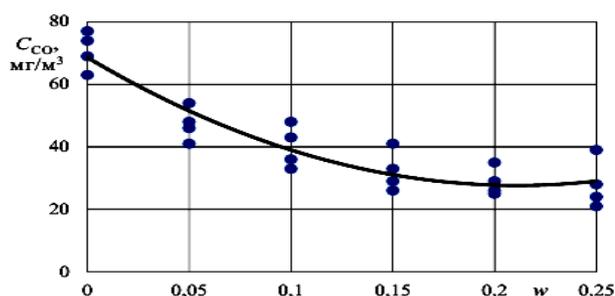


Рисунок 11. – Влияние влагосодержания эмульсии w (в долях от объема эмульсии) на концентрацию оксида углерода C_{CO} в дымовых газах

Пятая глава посвящена разработке, гигиенической и технико-экономической оценке технологических процессов утилизации НСО. Разработаны оптимизированные процессы приготовления эмульсии из НСО и ее использования в качестве материала покрытий поверхности форм для изготовления ЖБИ и в виде вторичного энергоресурса как добавки к топливу паровых котлов (рисунок 12).

В начале выполнения работы по (1) был рассчитан комплексный индекс риска $P = 1,151$, что говорит о слабом неблагоприятном эффекте для здоровья рабочих и соответствует II-й степени загрязнения воздуха на рабочих местах участка по разборке и очистке технологического оборудования, а также требует ряда мероприятий, направленных на приведение степени загрязнения воздуха к I-й степени. Средняя продолжительность случаев временной нетрудоспособности рабочих вспомогательного производства в 2005–2009 гг. составляла 9,95 дня;

7,62% заболеваний продолжались более 20 дней, а их продолжительность составляла 24,79% от общей временной утраты трудоспособности. В 16,22% случаев заболевания продолжались от 11 до 20 дней, что составляло 22,58% от общей временной утраты трудоспособности. Наибольшая доля в структуре заболеваний принадлежит заболеваниям с продолжительностью от 6 до 10 дней.

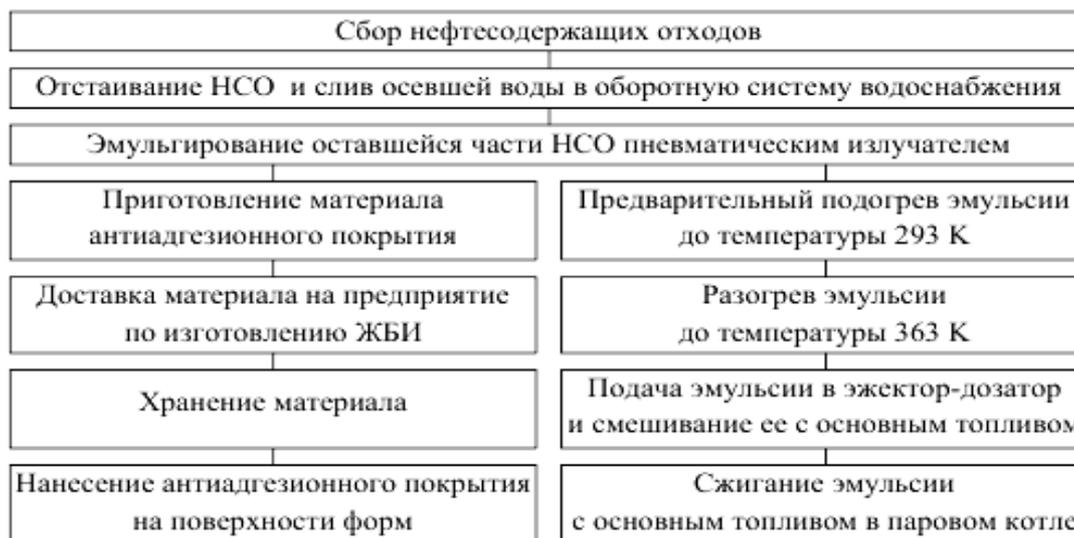


Рисунок 12. – Схема процессов приготовления эмульсии из нефтесодержащих отходов и ее последующего использования

В результате внедрения процессов утилизации НСО и отработанных водных растворов ТМС гигиеническая обстановка улучшилась. Комплексный индекс риска загрязнения воздуха рабочей зоны приблизился к $P = 0,973$, что соответствует безопасной для здоровья I-й степени загрязнения воздуха на рабочих местах участка по разборке и очистке технологического оборудования.

Средняя продолжительность заболевания за период с 2010 по 2014 годы составила 9,06 дня, что 8,94% меньше, чем за период с 2004 по 2009 год. Общее число случаев временной потери трудоспособности уменьшилось на 7,59%, а общая продолжительность временной потери трудоспособности – на 18,15%. Прослеживается тенденция уменьшения продолжительности заболеваемости. Доля случаев заболевания с продолжительностью более 20 дней за период с 2010 по 2014 год уменьшилась на 24,15% по сравнению с периодом 2004–2009 годов. Также уменьшилась доля случаев заболевания с продолжительностью от 11 до 20 дней.

Полученные результаты объясняются тем, что была изменена организация сбора НСО участка по разборке и очистке технологического оборудования. Введением стимулирующих выплат за каждую партию эмульсии, которая была отправлена потребителю для использования в качестве антиадгезионного покрытия форм при производстве ЖБИ, удалось добиться того, что все НСО, которые можно использовать для производства эмульсии, практически сразу после образования попадали в бак-отстойник, то есть время нахождения НСО на рабочих местах или вблизи них было минимизировано.

Экономический эффект, включающий все источники (таблица 2), может получить предприятие, имеющее котельные установки и ремонтно-строительные подразделения. Рекомендуются НСО, из которых возможно получение качественного антиадгезионного покрытия, использовать для этих целей, а остальные – в качестве добавки к топливу.

Таблица 2. – Виды и размер экономического эффекта

Вид эффекта	Размер эффекта
Реализация эмульсии потребителям предприятием-изготовителем при работе одной установки, годовой экономической эффект	314,3 тыс. руб.
Использование в качестве антиадгезионного покрытия предложенной эмульсии вместо товарных покрытий (филиал «НЖБ» ОАО «Кричевцементношифер», годовой экономической эффект)	15682,27 руб.
Экономия средств на приобретение топлива за счет использования эмульсии в качестве добавки к топливу (на один котел ДКВр-6,5-13ГМ), согласно расчетам, приведенным в главе 5	21898 долл. США, или 39,63 тыс. руб.
Исключение штрафа за необеспечение сбора отходов потребления (масел смазочных) за одну тонну	81 руб.
Уменьшение экологического налога (по состоянию на 01.04.2018) за выброс в атмосферу за одну тонну уменьшения выброса: – оксида азота (IV), который относится ко 2 классу опасности – оксида азота (II), который относится к 3 классу опасности – оксида углерода (II), который относится к 4 классу опасности	826,95 руб. 273,38 руб. 135,84 руб.
Экономия средств фонда социальной защиты населения (в пересчете на 100 рабочих)	1965,91 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Раскрыты закономерности эмульгирования двух несмешивающихся жидкостей за счет разрушения поверхности их раздела ударными волнами, генерируемыми пневматическим излучателем, определяющие условия образования пригодной для дальнейшего использования эмульсии из нефтесодержащих отходов, обеспечивающие защиту работников вспомогательного производства от вредного воздействия нефтесодержащих отходов и устанавливающие, что размер капель воды в эмульсии, а также длина волны поверхности раздела отхода и воды, соответствующая самым неустойчивым возмущениям, определяется значениями критерия Струхалия, волнового числа, круговой частоты пульсаций скорости потока [1; 2]. Уменьшение диаметра капель воды в эмульсии до 20 мкм достигается благодаря уменьшению длины волны поверхности раздела нефтесодержащих отходов и воды до 40 мкм и позволяет использовать её при содержании воды до 30% (об.) в течение 30 суток с выделением воды не более 2% (об.) [1–3; 17; 18; 28; 36; 39; 42; 46].

2. Предложена математическая модель горения капель нефтесодержащей эмульсии с основным топливом в топке котла, отличающаяся учетом несколь-

ких срывов оболочки капли и устанавливающая, что увеличение содержания воды в эмульсии от 0 до 20% ведет к сокращению в 1,2–2,1 раза времени ее горения, к росту от 0 до 4 раз последовательных срывов ее поверхностного слоя с уменьшением длины факела в 1,08–1,54 раза и снижением его температуры на 30–120 К, что позволяет снизить содержание оксидов азота на 28–45%, оксида углерода (II) – на 43–59% в дымовых газах [1; 6; 7; 9; 14; 37; 43; 44].

3. Разработан материал антиадгезионного покрытия, наносимого на поверхности форм для изготовления железобетонных изделий, в виде эмульсии из НСО с отработанными растворами ТМС и нефтесодержащей составляющей из моторного (65–90% (об.)) и трансмиссионного (6–10% (об.)) масел, топливных фракций (2–6% (об.)) и пластичных смазок (1–2% (об.)), отличающийся наличием 3% 30%-го водного раствора ТМС Лабомид-101 и 1,5% негашеной извести, обеспечивающий нормативное качество поверхностей изготавливаемых изделий с уменьшением стоимости материала на 30–70% по сравнению с промышленными эмульсиями, реализуемыми на рынке [1; 4–6; 10–12; 16; 19; 20; 22; 25–27; 29; 30; 35; 41].

4. Внедрены установка для приготовления эмульсии из НСО и технологические процессы её использования в качестве материала антиадгезионных покрытий и вторичного топлива с печным топливом или природным газом в паровых котлах с уменьшением расхода первичного топлива на 3–5% [1; 4–7; 9; 14; 21; 23; 32–34; 39; 50–53; 56; 58]. Экономический эффект, отнесенный к одной тонне приготовленной эмульсии, составляет 914,8 руб. со снижением индекса риска для здоровья рабочих до 0,973, что соответствует I-й степени загрязнения воздуха в рабочей зоне участка разборки и очистки технологического оборудования вспомогательного производства, которая является безопасной для здоровья рабочих [1; 8; 9; 15; 24; 31; 38; 40; 47; 55; 57].

5. Разработан метод поиска технического решения, обеспечивающего безопасный труд рабочих и экологическую безопасность производства как обоснование оптимальной структуры оборудования или процесса, включающее описание в виде графа множества освоенных и гипотетически возможных элементов решения и отличающийся выбором наилучшего решения с помощью динамического программирования, учетом ограничений по критериям допустимого риска для здоровья рабочих, производительности труда и качества продукции при минимальном расходе производственных ресурсов [1; 6; 8; 10; 13; 15; 45; 48; 49; 54].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Внедрен в производство (ОАО Полоцкий завод «Проммашремонт») технологический процесс приготовления водомасляной эмульсии на основе нефтесодержащих отходов для смазки форм при изготовлении железобетонных изделий

(Акт о практическом использовании результатов исследования от 17.02.2004 г.). Процесс предполагает использование ударных волн, генерируемых пневматическим излучателем. Устройство для приготовления эмульсии защищено патентом Республики Беларусь № 11483 от 15.06.2017 г. Нефтедержащая эмульсия применялась как вторичное топливо, сжигаемое в топке парового котла вместе с природным газом, что уменьшило объем вредных выбросов с дымовыми газами (ОАО Полоцкий завод «Проммашремонт», Акт о практическом использовании результатов исследования от 17.02.2004 г.).

2. Разработан антиадгезионный материал на основе нефтедержащих отходов, который применялся на филиале «НЖБ» ОАО «Кричевцементношифер» в качестве антиадгезионного покрытия, наносимого на поверхности форм для лестничных маршей ЛМП 57.11.14.-5 (Акт о внедрении результатов исследования от 12.04.2017 г.).

3. Разработан опытно-промышленный регламент «Сжигания нефтедержащих отходов» разборочно-очистного участка в паровом котле ДКВр-6,5-13ГМ на основании ТКП 17.11-07-2013 (02120) и ТКП 17.11-01-2009 (02120), утвержденный 09.10.2017 г., использование которого позволит не только утилизировать нефтедержащие отходы, но и улучшить состояние окружающей среды и охрану труда.

4. Уменьшен размер экологического налога за выброс в атмосферу оксида азота (IV) – 826,95 руб., оксида азота (II) – 273,38 руб., оксида углерода (II) – 135,84 руб. за каждую тонну уменьшения выброса; исключен штраф за необеспечение сбора отходов потребления – 81 руб. за каждую тонну утилизированного масла. Экономия средств фонда социальной защиты населения в пересчете на 100 рабочих предприятия составила 1,97 тыс. руб./год.

5. Предложенный метод поиска технического решения может быть использован на всех предприятиях нефтехимического комплекса. Данный метод обеспечивает безопасный труд рабочих и экологическую безопасность производства, учитывает ограничения по критериям допустимого риска для здоровья рабочих, производительности труда и качества продукции при минимальном расходе производственных ресурсов.

6. Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс для изучения дисциплины «Основы энергосбережения» студентами специальностей 1-37 01 07 и 1-37 01 06 (УО «Полоцкий государственный университет», Акт о практическом использовании результатов исследования от 07.09.2017 г.); для изучения дисциплин «Безопасность жизнедеятельности человека», «Охрана труда» студентами специальности 1-36 07 01 (УО «Полоцкий государственный университет», Акт о практическом использовании результатов исследования от 05.09.2017 г.).

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Монографии

1. Иванов, В. П. Охрана труда рабочих и защита окружающей среды от вредного влияния нефтесодержащих отходов / В. П. Иванов, В. А. Дронченко. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – 248 с.

Статьи в научных изданиях

2. Иванов, В. П. Разрушение поверхности раздела двух несмешивающихся жидкостей при эмульгировании / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. БрГТУ. Машиностроение. – 2014. – № 4 (88). – С. 38–42.

3. Иванов, В. П. Моделирование процесса развития ударной волны, возникающей при работе пневматического излучателя / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2015. – № 3. – С. 54–59.

4. Дронченко, В. А. Влияние содержания воды на стабильность эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов / В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2015. – № 11. – С. 82–86.

5. Дронченко, В. А. Утилизация отработавших пластичных смазок / В. А. Дронченко // Горная механика и машиностроение. – 2015. – № 4. – С. 85–89.

6. Иванов, В. П. Утилизация сточных вод с нефтесодержащими отходами эмульгированием и сжиганием / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 4. – С. 141 – 146.

7. Иванов, В. П. Математическое моделирование разрушения капель эмульсии из отходов производства в факеле парового котла / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. ГГТУ. – 2016. – № 1. – С. 45–51.

8. Иванов, В. П. Обоснование технических решений, связанных с охраной труда и окружающей среды / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – № 3. – С. 169–173.

9. Семенов, В. И. Снижение выбросов оксидов азота при работе котельных установок / В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – № 3. – С. 185–189.

10. Иванов, В. П. Выбор технического решения по утилизации нефтесодержащих отходов / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – № 11. – С. 120–124.

11. Дронченко, В. А. Приготовление и контроль качества эмульсий на основе отработавших пластичных смазок / В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. – 2016. – № 11. – С. 138–143.

12. Иванов, В. П. Защита окружающей среды от отработавших водных растворов технических моющих средств / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн.

Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 8. – С. 160–165.

13. Иванов, В. П. Утилизация нефтесодержащих отходов вспомогательного производства нефтехимических предприятий / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Природопользование. – 2016. – № 30. – С. 136–145.

14. Иванов, В. П. Использование нефтесодержащих отходов в качестве добавки к топливу, сжигаемому в паровом котле / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2016. – № 16. – С. 178–183.

15. Дронченко, В. А. Влияние нефтесодержащих отходов на продолжительность заболеваний рабочих разборочно-очистных участков ремонтного производства / В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. B, Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 3. – С. 141–145.

16. Дронченко, В. А. Защита окружающей среды от вредного воздействия отработанных растворов, образующихся при погружной очистке машин и деталей / В. А. Дронченко, В. И. Семенов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2017. – № 8. – С. 194–199.

17. Дронченко, В. А. Получение мелкодисперсной эмульсии на основе нефтесодержащих отходов и ее утилизация / В. А. Дронченко // Вестн. БрГТУ. Машиностроение. – 2017. – № 4 (106). – С. 51–54.

18. Дронченко, В. А. Влияние амплитуды пульсаций скорости потока на дисперсность эмульсии на основе нефтесодержащих отходов / В. А. Дронченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Строительство. Прикладные науки. – 2018. – № 16. – С. 151–156.

Статьи в зарубежных научных изданиях

19. Приготовление эмульсий на основе отработавших пластичных смазок / В. П. Иванов [и др.] // Проблеми трибології. – 2016. – Т. 80, № 2. – С. 63–68.

20. Дронченко, В. А. Использование отходов ремонтного производства в качестве технологических материалов / В. А. Дронченко // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 117–120.

Материалы конференций

21. Коровкин, В. Н. Рециклинг и утилизация жидких производственных отходов, содержащих нефтепродукты / В. Н. Коровкин, В. А. Дронченко, В. В. Доморацкий // Прогрессивные методы получения и обработки конструкционных материалов и покрытий, повышающих долговечность деталей : материалы междунар. науч.-техн. конф., Волгоград, 18–19 сент. 1996 г. / Волгогр. гос. техн. ун-т, Белорус. гос. политехн. акад., Приазов. гос. техн. ун-т. – Волгоград : ВолгГТУ, 1996. – С. 147–148.

22. Дронченко, В. А. Рециклинг жидких производственных отходов, содержащих нефтепродукты / В. А. Дронченко // Ресурсосберегающие и экологиче-

ски чистые технологии : труды второй науч.-техн. конф., Гродно, 8–9 окт. 1996 г. : в 2 ч. / Отдел проблем ресурсосбережения АНБ ; редкол.: А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно : Гродн. отд-е Белорус. инженер.-техн. акад., 1997. – Ч. II. – С. 308–311.

23. Dronchenko, V. The stability of orthotropic cylindrical shell subjected to various loading conditions / V. Dronchenko, I. Guriev // MSN : 20th International Scientific Symposium of Students and Young Scientific Workers, Zielona Góra, 11–12 May 1998 / Politechnika Zielonogórska ; ed.: I. Dzwonnik [et al.] – Zielona Góra, 1998. – Vol. IV: Mechanics. – P. 128–132.

24. Коробко, В. И. Определение уровня рентабельности ремонтного предприятия с учетом природоохранительной деятельности / В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Социально-экономические проблемы развития предприятий и регионов : сб. докл. Междунар. науч. конф., Витебск, 18–19 окт. 2001 г. / Витеб. гос. технол. ун-т ; редкол.: С. М. Литовский (гл. ред) [и др.]. – Витебск, 2001. – С. 83–84.

25. Дронченко, В. А. О возможности использования отработанных нефтепродуктов для производства эмульсола / В. А. Дронченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2009 г. : в 3 ч. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2009. – Ч. I. – С. 205.

26. Kuzmich, R. Emulsol on the basis of used oil product / R. Kuzmich, A. Maksimchuk, V. Dronchenko // National and European dimension in research = Национальный и европейский контексты в научных исследованиях : Materials of junior researches' III conf., Novopolotsk, April 27–28, 2011, in 3 p. / PSU ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2011. – P. 1. Technology. – P. 40–41.

27. Barancucov, M. Methods for re-use of waste metalworking faculties at an engineering plant / M. Barancucov, V. Dronchenko // National and European dimension in research = Национальный и европейский контексты в научных исследованиях : Materials of junior researches' IV conf., Novopolotsk, April 25–26, 2012 : in 3 p. / PSU ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2012. – P. 3. Technology. – P. 65–67.

28. Batsiukov, A. Determination experimental study of the water content effection in emulsion on its stability / A. Batsiukov, V. Dronchenko // National and European dimension in research = Национальный и европейский контексты в научных исследованиях : Materials of junior researches' V conf., Novopolotsk, April 24–25, 2013 : in 3 p. / PSU ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2013. – P. 3. Technology. – P. 150–153.

29. Дронченко, В. А. Использование отработавших нефтесодержащих продуктов при производстве железобетонных изделий / В. А. Дронченко // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 16–17 апр. 2015 г. / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол.:

И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев : ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2015. – С. 231–232.

30. Дронченко, В. А. Проблемы утилизации отработавших растворов технических моющих средств / В. А. Дронченко, А. А. Сирота // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 22–23 окт. 2015 г. / Беларус.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев, 2015. – С. 19.

31. Дронченко, В. А. Способы снижения вредного воздействия отходов смазочно-охлаждающих жидкостей на окружающую среду / В. А. Дронченко // Инновационные технологии в машиностроении : материалы III междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию академика П. И. Ящерицына и 40-летию машиностроит. факультета Полоцк. гос. ун-та, Новополоцк, 28–29 окт. 2015 г. / Полоц. гос. ун-т ; под ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – С. 75–78.

32. Дронченко, В. А. Оптимизация процесса приготовления водомасляной эмульсии / В. А. Дронченко // Инновационные технологии в машиностроении : материалы III междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 100-летию академика П. И. Ящерицына и 40-летию машиностроит. факультета Полоцк. гос. ун-та, Новополоцк, 28–29 окт. 2015 г. / Полоц. гос. ун-т ; под ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – С. 78–81.

33. Дронченко, В. А. Получение эмульсии на основе отработавших нефтесодержащих продуктов / В. А. Дронченко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 23–24 апр. 2015 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – С. 131–134.

34. Дронченко, В. А. Утилизация отработавших смазочных материалов автотранспортными и агросервисными предприятиями / В. А. Дронченко // *Realizări și perspective în inginerie agrară și transport auto* = Достижения и перспективы в области аграрной инженерии и автомобильного транспорта : materialele Simpozionului Științifico-Practic Internațional, Chișinău, 24–25 septembrie 2015 / Universitatea Agrară de Stat din Moldova ; red.: Gh. Cimpoieș [și al.]. – Vol. 45. *Inginerie agerară și transport auto*. – Chișinău : UASM, 2015. – P. 195–198.

35. Puiman, E. Protection of factory workers against the harmful influences of the used lubricants / E. Puiman, V. Dronchenko // *European and National dimension in research = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях : Materials of VIII junior researches' conf., Novopolotsk, April 27–28, 2016* : in 3 p. / PSU ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2016. – P. 3. *Technology*. – P. 121–124.

36. Sirota, A. Upgrading of the utilization method of the used oil-containing products / A. Sirota, V. Dronchenko // *European and National dimension in research = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях : Materials*

of VIII junior researches' conf., Novopolotsk, April 27–28, 2016 : in 3 p. / PSU ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk : PSU, 2016. – P. 3. Technology. – P. 124–127.

37. Иванов, В. П. Утилизация пластичных смазок / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Инженерия поверхности и реновация изделий : материалы 16-й Международ. науч.-техн. конф., посвящ. 80-летию со Дня рождения академика НАН Беларуси П. А. Витязя, Одесса, 30 мая – 3 июня 2016 г. / Ассоциация технологов-машиностроителей Украины. – Киев : АТМ Украины, 2016. – С. 42–45.

38. Иванов, В. П. Техничко-экономическое обоснование решений, связанных с охраной труда и защитой окружающей среды / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Экономическая теория в XXI веке: поиск эффективных механизмов хозяйствования : материалы II Международ. науч.-практ. конф., Полоцк, 20–21 окт. 2016 г. : в 2 ч. / Полоц. гос. ун-т ; под ред. И. В. Зеньковой. – Новополоцк : ПГУ, 2016. – Ч. 1. – С. 141–146.

39. Дронченко, В. А. Способ утилизации отработавших водных растворов технических моющих средств / В. А. Дронченко, В. И. Семенов // Новые технологии и материалы, автоматизация производства : материалы междунар. науч.-техн. конф., Брест, 2–3 нояб. 2016 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. В. Драган [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2016. – С. 215–218.

40. Иванов, В. П. Техничко-экономическое обоснование решений, связанных с охраной труда и защитой окружающей среды / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : сб. ст. III Международ. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 марта 2017 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; под общ. ред. В. Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 343–345.

41. Krasovsky, V. The influence of quicklime on the quality of emulsions for release coating [Electronic resource] / V. Krasovsky, V. Dronchenko, V. Ivanov // European and national dimension in research. Technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях. Технология : Electronic collected materials of IX Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, April 26–27, 2017 / Polotsk State University ; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2017. – 1 CD-ROM. – P. 175–177.

42. Kurash, M. The research of influence of fuel fractions on emulsion stability of oil waste [Electronic resource] / M. Kurash, V. Dronchenko // European and national dimension in research. Technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях. Технология : Electronic collected materials of IX Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, April 26–27, 2017 / Polotsk State University ; ed. D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2017. – 1 CD-ROM. – P. 189–192.

43. Иванов, В. П. Использование нефтесодержащих отходов ремонтных предприятий в качестве добавки к топливу паровых котлов / В. П. Иванов, В. А. Дронченко // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК : материалы Международ. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 нояб. 2017 г. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; под ред. М. А. Прищепова. – Минск : БГАТУ, 2017. – С. 44–46.

44. Иванов, В. П. Утилизация отходов участка разборки и очистки технологического оборудования [Электронный ресурс] / В. П. Иванов, В. А. Дронченко, Д. В. Лопатин // Инновационные технологии в машиностроении : электрон. сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию Полоц. гос. ун-та, Новополоцк, 19–20 апр. 2018 г. / Полоц. гос. ун-т ; под. ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега; д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок. – Новополоцк : ПГУ, 2018. – С. 208–210.

45. Семенов, В. И. Экологически безопасный способ удаления прочносвязанных загрязнений при ремонте техники [Электронный ресурс] / В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Инновационные технологии в машиностроении : электрон. сб. материалов междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 50-летию Полоц. гос. ун-та, Новополоцк, 19–20 апр. 2018 г. / Полоц. гос. ун-т ; под ред. чл.-корр., д-ра техн. наук, проф. В. К. Шелега; д-ра техн. наук, проф. Н. Н. Попок. – Новополоцк : ПГУ, 2018. – С. 252–254.

46. Lapatsin, D. Analysis of factors affecting the size of water droplets in the emulsion [Electronic resource] / D. Lapatsin, Y. Has, V. Ivanov, V. Dronchenko // European and national dimension in research. Technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях. Технология : Electronic collected materials of X Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 10–11, 2018 / Polotsk State University ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2018. – P. 116–119.

47. Behunou, M. A method of reducing emissions of harmful substances into the atmosphere by boiler plants [Electronic resource] / M. Behunou, E. Tikhon, V. Dronchenko // European and national dimension in research. Technology = Европейский и национальный контексты в научных исследованиях. Технология : Electronic collected materials of X Junior Researchers' Conference, Novopolotsk, May 10–11, 2018 / Polotsk State University ; ed.: D. Lazouski [et al.]. – Novopolotsk, 2018. – P. 145–148.

Тезисы докладов

48. Коробко, В. И. Беспылевая очистка поверхностей поршней двигателей внутреннего сгорания от нагара / В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Проблемы качества и надежности машин : вторая респ. науч.-техн. конф., Могилев, 4–5 окт. 1994 г. : в 2 ч. : тез. докл./ Могилев. машиностр. ин-т. – Могилев, 1994. – Ч. 1. – С. 79.

49. Тявловский, М. Д. Приготовление водных СОЖ на основе отработанной смазки ЛЗ-ЦНИИ с использованием метода ультразвукового диспергирования / М. Д. Тявловский, М. Н. Лось, В. А. Дронченко // Ультразвуковая техника и технология : междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25–27 окт. 1995 г. : тез. докл. / Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – Минск : БГАТУ, 1995. – С. 29.

50. Дронченко, В. А. Технология переработки нефтесодержащих стоков авиационных предприятий / В. А. Дронченко // XXII Гагаринские чтения :

международ. конф., Москва, 2–6 апр. 1996 г. : тез. докл. / МГАТУ им. К. Э. Циолковского. – М., 1996. – С. 74.

51. Дронченко, В. А. Рециклинг жидких производственных отходов, содержащих нефтепродукты / В. А. Дронченко // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : вторая науч.-техн. конф., Гродно, 8–9 окт. 1996 г. : тез. докл. / Гродн. отд-е Белорус. инжен.-техн. акад. ; ред.-сост. А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 1996. – С. 196.

52. Дронченко, В. А. Технология производства водомасляной эмульсии с заранее заданной стабильностью на основе отработанных нефтепродуктов / В. А. Дронченко // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии : третья науч.-техн. конф., Гродно, 25–26 июня 1998 г. : тез. докл. / Гродн. отд-е Белорус. инжен.-техн. акад. ; ред.-сост. А. И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 1998. – С. 274–275.

53. Дронченко, В. А. Переработка и утилизация нефтесодержащих стоков авиационных предприятий / В. А. Дронченко // XXV Гагаринские чтения : международ. конф., Москва, 6–10 апр. 1999 г. : тез. докл. / МГАТИ им. К. Э. Циолковского. – М., 1999. – С. 125.

54. Коробко, В. И. Выбор технологической схемы водопотребления и водоотведения ремонтного предприятия / В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Проблемы и перспективы развития городского водного хозяйства : международ. науч.-практ. конф., Новополоцк, 16–18 мая 2001 г. : тез. докл. / Полоц. гос. ун-т. – Новополоцк : ПГУ, 2001. – С. 53–54.

55. Коробко, В. И. Нормативы водопотребления и водоотведения ремонтных предприятий / В. И. Коробко, В. И. Семенов, В. А. Дронченко // Проблемы и перспективы развития городского водного хозяйства : международ. науч.-практ. конф., Новополоцк, 16–18 мая 2001 г. : тез. докл. / Полоц. гос. ун-т. – Новополоцк : ПГУ, 2001. – С. 55–56.

56. Дронченко, В. А. Способ утилизации собранных с поверхности воды нефтесодержащих продуктов / В. А. Дронченко // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта : IX Международ. науч.-техн. конф., Новополоцк, 18–20 дек. 2018 г. : тез. докл. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. В. К. Липского. – Новополоцк : ПГУ, 2018. – С. 84–85.

57. Дронченко, В. А. Влияние нефтесодержащих отходов на продолжительность заболеваний рабочих / В. А. Дронченко, В. И. Семенов // Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта : IX Международ. науч.-техн. конф., Новополоцк, 18–20 дек. 2018 г. : тез. докл. / Полоц. гос. ун-т ; под общ. ред. В. К. Липского. – Новополоцк : ПГУ, 2018. – С. 86.

Патенты

58. Устройство для приготовления эмульсии : полез. модель ВУ 11483 / В. А. Дронченко, Е. А. Кулакова. – Опубл. 30.10.2017.

РЭЗІЮМЭ

Дрончанка Уладзімір Аляксандравіч

Забеспячэнне бяспекі працы і аховы навакольнага асяроддзя ўкараненнем тэхналогій утылізацыі нафтазмяшчальных адходаў

Ключавыя словы: нафтазмяшчальныя адходы, ахова працы, абарона навакольнага асяроддзя, геаэкалогія, утылізацыя, шкодныя выкіды ў атмасферу, спальванне, антыадгезійнае пакрыццё, комплексны індэкс рызыкі забруджвання паветра.

Мэта працы: паляпшэнне бяспекі працы персаналу і абарона навакольнага асяроддзя ад шкоднага ўздзеяння нафтазмяшчальных адходаў шляхам распрацоўкі спосабаў іх перапрацоўкі і ўтылізацыі.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: матэматычнае мадэляванне, лікавыя і натурныя эксперыменты, устаноўка для падрыхтоўкі эмульсіі на аснове НЗА з ПВ; зборныя сталёвыя формы для лабараторных работ па вырабу бетонных узораў; кацёл ДКВр-6,5-13ГМ, храматограф 3700, аналізатар дымавых газаў «Testo-350», мікраскоп МБС-10, акулярны мікраметр, тэрмапара ТПР.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: Раскрыты заканамернасці эмульгіравання дзвюх вадкасцей за кошт разбурэння паверхні іх падзелу ўдарнымі хвалямі, генераванымі пнеўматычным выпраменьвальнікам. Прапанавана матэматычная мадэль гарэння кропель нафтазмяшчальнай эмульсіі з асноўным палівам у топцы катла, якая адрозніваецца ўлікам некалькіх зрываў абалонкі кроплі. Распрацаваны матэрыял антыадгезійнага пакрыцця, якое наносіцца на паверхню форм для вырабу жалезабетонных вырабаў, у выглядзе эмульсіі на аснове нафтазмяшчальных адходаў. Распрацаваны метады пошуку тэхнічнага рашэння, які забяспечвае бяспеку працы рабочых і экалагічную бяспеку вытворчасці. Распрацаваны доследна-прамысловы рэгламент «Спальванні нафтазмяшчальных адходаў» разборачна-ачышчальнага ўчастка ў паравым катле ДКВр-6,5-13ГМ.

Ступень выкарыстання і рэкамендацыі па выкарыстанні: укаранёныя (ААТ Полацкі завод «Праммашрамонт») устаноўка для падрыхтоўкі эмульсіі з НЗА і працэсы яе выкарыстання ў якасці другаснага паліва з пячым палівам або прыродным газам у паравых катлах з памяншэннем расхода першаснага паліва на 3–5% і матэрыялу антыадгезійных пакрыццяў (прымяняўся на філіяле «НЖБ» ААТ «Крычаўцэментнашыфер»). Прылада для падрыхтоўкі эмульсіі абаронена патэнтам Рэспублікі Беларусь.

Галіна выкарыстання: дапаможная вытворчасць прадпрыемстваў паліўнай і хімічнай прамысловасці, арганізацыі, якія маюць або ажыццяўляюць перапрацоўку і ўтылізацыю нафтазмяшчальных адходаў і (або) якія маюць кацельныя ўстаноўкі, і (або) якія выкарыстоўваюць антыадгезійныя пакрыцці.

РЕЗЮМЕ

Дронченко Владимир Александрович

Обеспечение безопасности труда и охраны окружающей среды внедрением технологий утилизации нефтесодержащих отходов

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, охрана труда, защита окружающей среды, геоэкология, утилизация, вредные выбросы в атмосферу, горение, антиадгезионное покрытие, комплексный индекс риска загрязнения воздуха.

Цель работы: улучшение безопасности труда персонала и защита окружающей среды от вредного воздействия нефтесодержащих отходов путем разработки способов их переработки и утилизации.

Методы исследования и использованная аппаратура: математическое моделирование, численные и натурные эксперименты, установка для приготовления эмульсии на основе НСО с ПИ; сборные стальные формы для лабораторных работ по изготовлению бетонных образцов; котел ДКВр-6,5-13ГМ, хроматограф 3700, анализатор дымовых газов «Testo-350», микроскоп МБС-10, окулярный микрометр, термопара ТПР.

Полученные результаты и их новизна: Раскрыты закономерности эмульгирования двух несмешивающихся жидкостей за счет разрушения поверхности их раздела ударными волнами, генерируемыми пневматическим излучателем. Предложена математическая модель горения капель нефтесодержащей эмульсии с основным топливом в топке котла, отличающаяся учетом нескольких срывов оболочки капли. Разработан материал антиадгезионного покрытия, наносимого на поверхности форм для изготовления железобетонных изделий, в виде эмульсии на основе нефтесодержащих отходов. Разработан метод поиска технического решения, обеспечивающего безопасный труд рабочих и экологическую безопасность производства. Разработан опытно-промышленный регламент «Сжигания нефтесодержащих отходов» разборочно-очистного участка в паровом котле ДКВр-6,5-13ГМ.

Степень использования и рекомендации по использованию: Внедрены (ОАО Полоцкий завод «Проммашремонт») установка для приготовления эмульсии из НСО и процессы ее использования в качестве вторичного топлива с печным топливом или природным газом в паровых котлах с уменьшением расхода первичного топлива на 3–5% и материала антиадгезионных покрытий (применялся на филиале «НЖБ» ОАО «Кричевцементношифер»). Устройство для приготовления эмульсии защищено патентом Республики Беларусь.

Область применения: вспомогательное производство предприятий топливной и химической промышленности, организации, имеющие или осуществляющие переработку и утилизацию нефтесодержащих отходов и (или) имеющие котельные установки, и (или) использующие антиадгезионные покрытия.

SUMMARY

Dronchenko Vladimir

Protection of workers and the environment from the harmful effects of oil waste introduction of technologies for their utilization

Keywords: oil-containing waste, labor protection, environmental protection, geo-ecology, utilization, harmful emissions into the atmosphere, combustion, anti-adhesive coating, integrated air pollution risk index.

The purpose of the study: improving the safety of personnel and protecting the environment from the harmful effects of oily waste by developing methods for their processing and disposal.

Research methods and equipment used: mathematical modeling, numerical and field experiments, installation for the preparation of emulsion based on OCW with PR; prefabricated steel molds for laboratory work on the production of concrete samples; boiler DKVR-6.5-13GM, chromatograph 3700, flue gas analyzer “Testo-350”, microscope MBS-10, ocular micrometer, thermocouple TPR.

The results and their novelty: The regularities of emulsification of two immiscible liquids due to the destruction of their interface by shock waves generated by a pneumatic radiator are revealed. The mathematical model of droplet combustion of oily emulsion from the main fuel in the boiler furnace, characterized by several failures of the shell drops. The material of anti-adhesive coating applied on the surface of forms for the manufacture of reinforced concrete products, in the form of an emulsion based on oil-containing waste, has been developed. The method of searching for a technical solution that ensures safe work of workers and environmental safety of production has been developed. The pilot industrial regulation has been developed for «Burning of oil-containing waste» from a disassembly and treatment site in a DKVR-6.5-13GM steam boiler.

The degree of use and recommendations for use: Implemented (JSC Polotsk plant “Prommashremont”) installation for the preparation of emulsion from OCWs and the processes of its use as a secondary fuel with furnace fuel or natural gas in steam boilers with a decrease in primary fuel consumption by 3–5% and the material of anti-adhesive coatings (used at the branch “NZHB” JSC “Krichevtsementnoshifer”). The device for the preparation of the emulsion is protected by a patent of the Republic of Belarus.

Field of application: auxiliary production of fuel and chemical industry enterprises, organizations having or carrying out processing and utilization of oil-containing waste, and (or) having boiler installations, and (or) using anti-adhesive coatings.



Научное издание

ДРОНЧЕНКО Владимир Александрович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА
И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ
УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальностям:

05.26.01 – охрана труда (топливная и химическая промышленность),
25.03.13 – геоэкология (технические науки)

Подписано в печать 02.03.21. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,12. Тираж 60 экз. Заказ 140.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.