

*На правах рукописи*

ХАРИТОНЕНКО АЛЕКСАНДР ЛЕОНИДОВИЧ

**Обоснование комплекса мероприятий по улучшению  
условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн**

05.26.01 – Охрана труда (транспорт)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) на кафедре «Техносферная и экологическая безопасность»

Научный

руководитель: доктор медицинских наук, профессор

**Копытенкова Ольга Ивановна**

Официальные  
оппоненты:

**Истомин Сергей Викторович**, доктор технических наук, профессор, Поволжский межрегиональный филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт труда» Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации, исполняющий обязанности директора;

**Ягольницер Ольга Владимировна** – кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», кафедра «Инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности», доцент.

Ведущая

организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится 3 марта 2021 г., в 12.00 на заседании диссертационного совета Д 218.005.16 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ)) по адресу: 125315, г. Москва, ул. Часовая 22/2, ауд. 329.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте РУТ (МИИТ), [www.mii.ru](http://www.mii.ru).

Автореферат разослан «   » января 2021 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

Сорокина Екатерина Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы и направленность исследований

Добыча углеводородов в огромных количествах во всём мире влечет за собой необходимость решения задач по их доставке, переработке и хранению с применением большого количества резервуаров. Резервуарный парк, необходимый для обеспечения деятельности промышленности, транспортной, энергетической и других отраслей народного хозяйства, представлен цистернами, танками и хранилищами различных типов, которые нуждаются в периодической очистке. Актуальность исследования обоснована необходимостью улучшения условий труда работников, занятых такой очисткой на железнодорожном транспорте - промывальщиков-пропарщиков цистерн за счет применения более современных технологий очистки резервуаров, планомерного вытеснения технологии пропарки и промывки горячей водой на беспропарочные технологии, основанных на химико-механизированных методах очистки.

Процесс очистки резервуаров сопровождается воздействием на работающих ряда вредных и/или опасных факторов производственной среды и трудового процесса.

Изучению условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн посвящены работы Капцова В.А., Вилька М.Ф., Мезенцева А.П., Боярчука И.Ф., Прохорова А.А., Суворова С.В., исследованию способов очистки резервуаров – работы Евтихина В.Ф., Медведева В.И., результаты исследования химического загрязнения воздуха рабочей зоны пропарочных станций проведены Гончаровой О.В., оценке условий труда на железнодорожном транспорте и обеспечению безопасности в целом – работы Пономарёва В.М., Аксенова В.А., Сачковой О.С.

Вместе с тем, до настоящего времени не проведен сравнительный анализ технологий пропарки и промывки горячей водой с беспропарочными химико-механизированными технологиями с точки зрения влияния их на условия труда промывальщиков-пропарщиков цистерн.

**Область исследования** соответствует паспорту специальности 05.26.01. – Охрана труда (транспорт) по пункту «Изучение физических, физико- химических, биологических и социально-экономических процессов, определяющих условия труда, установление взаимосвязей с вредными и опасными факторами производственной среды».

**Цель работы:** Обоснование комплекса технологических и санитарно-гигиенических мероприятий по улучшению условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн.

В соответствии с поставленной целью **сформулированы следующие основные задачи исследования:**

1. Оценка и анализ условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн, использующих в работе технологии пропарки острым паром и промывки горячей водой.

2. Анализ и систематизация известных способов очистки резервуаров от нефтепродуктов на примере железнодорожных цистерн для формирования критериев выбора наилучшей технологии очистки.

3. Оценка и сравнительный анализ риска утраты здоровья промывальщиками-пропарщиками цистерн при осуществлении пропарки острым паром и промывки горячей водой, а также при использовании беспропарочной химико-механизированной технологии очистки.

4. Разработка комплекса мероприятий, направленных на улучшение условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн, на основе применения беспропарочной химико-механизированной технологии (ХМТ), использующей новые высокоэффективные поверхностно-активные вещества (ПАВ).

**Объектом исследования являются** условия труда промывальщиков-пропарщиков цистерн в условиях применения различных технологий очистки.

#### **Научная новизна работы:**

1. В результате проведённых исследований впервые была дана оценка риска вероятности утраты здоровья на рабочем месте промывальщика-пропарщика цистерн. Установлена количественная характеристика риска при воздействии вредных производственных факторов при использовании различных технологий очистки.

2. В результате расчета ингаляционного воздействия вредных химических веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны промывальщиков-пропарщиков цистерн, определено, что работа с использованием химико-механизированных методов очистки имеет более низкий риск развития общетоксических эффектов по сравнению с промывочно-пропарочной технологией.

3. Обосновано использование предложенной модульной технологической установки по очистке цистерн, позволяющей осуществлять процесс очистки по замкнутому циклу без пропарки и нахождения работника в закрытом пространстве очищаемой ёмкости, а также новое техническое моющее средство на основе синтезированных ПАВ.

**Практическая значимость** заключается в улучшении условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн за счет применения разработанной новой ресурсосберегающей технологии очистки цистерн от нефтепродуктов, осуществляющей очистку по замкнутому циклу без пребывания работников в закрытом пространстве ёмкости. Кроме того, при использовании новой технологии очистки позволяет снизить уровень загрязнения воздуха рабочей зоны.

Разработаны методические рекомендации, направленные на улучшение условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн, для обеспечения безопасных условий труда и сохранения здоровья работающих. Расчетным методом получена математическая модель для оценки влияния вредных производственных факторов на условия труда и здоровье промывальщиков-пропарщиков цистерн.

**Общая методика исследований** включает в себя соответствующие изучаемым вредным производственным факторам методы их измерений и оценки. А также ИК-спектроскопию и элементный микроанализ новых полученных соединений, вошедших в состав нового технического моющего средства, а также определение эффективности моющей способности технического моющего средства (далее - ТМС). Использованы методы математического анализа, статистики, экспертных оценок, прогнозирования. При расчетах применялся риск-ориентированный подход.

**Достоверность** полученных в работе результатов обеспечивалась использованием методов исследования, применяемых к решаемым задачам, тщательным планированием и проведением экспериментов в соответствии с требованиями ГОСТов и детальным анализом полученных экспериментальных результатов.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты анализа условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн и количественная характеристика риска при воздействии вредных производственных факторов на рабочем месте.

2. Результаты оценки риска негативного ингаляционного воздействия химических веществ при химико-механизированных и промывочно-пропарочных методах очистки.

3. Комплекс мероприятий по улучшению условий труда промывальщиков-пропарщиков, основанный на использовании ресурсосберегающей технологии очистки резервуаров от нефтепродуктов с применением разработанного технического моющего средства.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях: III Междунар. конф. «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте», Санкт-Петербург, 2012г.; XI Междунар. конф. «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук», Москва, 2012г.; LXXVI Всеросс. науч.-технич. конф. «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы», Санкт-Петербург, 2016г.; II Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020)», Уфа, 2020г.; Междунар. науч.-практич. конф. «Арктика: Современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе», Тюмень, 2019г.; Межвуз. науч.-практич. конф. «Безопасность на транспорте, Петергоф, 2016г.; VIII Междунар. конф. «Проблемы науки и образования на современном этапе общественного развития», Санкт-Петербург, 2013г.; XXI Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы экологии», Тула, 2018г.; I Всеросс. науч.-практич. конф. «Современные проблемы пожарной безопасности: Теория и практика (FireSafety 2019)», Уфа, 2019г.

Опытно-промышленное внедрение новой технологии, исследование свойств, эффективности, режимов подачи нового ТМС проводились на опытной площадке ООО «НПО «БалтЭкоРесурс», по адресу: Республика Мордовия, г. Саранск, Александровское шоссе, 9 – территория ОАО «Саранский ВРЗ».

**Личный вклад автора работы** заключается в постановке цели и задач научного исследования, разработке программы исследования, анализе существующих технологий очистки резервуаров, измерении и оценке уровней воздействия вредных факторов. Автором были систематизированы и обобщены полученные результаты. Была определена зависимость состояния здоровья промывальщиков-пропарщиков от воздействия вредных факторов. Были предложены рекомендации к обеспечению безопасных условий труда, приведены рекомендации по управлению риском на рабочем месте промывальщиков-пропарщиков, испытании нового моющего средства в лабораторных и производственных условиях, обработке полученных экспериментальных результатов.

**По теме диссертации опубликовано** 17 работ, в том числе 5 работ в рецензируемых научных изданиях, 1 патент на изобретение, 1 патент на полезную модель.

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, выводов, списка 135 библиографических источников, а также 3 приложений. Работа изложена на 118 страницах, содержит 29 рисунков и 24 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** показано, что проблема вредных и/или опасных условий труда при очистке железнодорожных цистерн, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, является в настоящее время актуальной, представлена цель работы и задачи, которые необходимо решить для её реализации. Определен объект исследования, научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

**В первой главе** показано, что процесс очистки цистерн от нефтепродуктов, заключающийся в основном в промывке горячей водой и обработке острым паром продолжает доминировать. Некоторые станции и промывочные пункты стали совмещать обработку острым паром с очисткой с помощью технических моющих средств, использование которых имеет ряд преимуществ, однако к существенному улучшению условий труда это не приводит.

Условия труда промывальщиков-пропарщиков в условиях, реализуемых технологических процессов промывки и пропарки цистерн, обусловлены такими профессионально-производственными вредностями как высокий уровень содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (толуол, керосин, бензол, ксилол); высокие либо низкие температуры, высокая влажность воздуха; работа на открытой территории, в том числе в зимний и летний периоды года; высокие уровни шума от насосного и компрессорного оборудования (89 дБА); тяжесть трудового процесса (рабочая поза и наклоны корпуса); недостаточный уровень освещенности при работе в замкнутом пространстве.

Работа промывальщиков-пропарщиков сопряжена с воздействием опасных производственных факторов: подвижные части насосного и иного оборудования; возможность падения с высоты; повышенная температура поверхностей оборудования при обработке цистерн; вероятность возникновения пожаровзрывоопасной аварийной ситуации; движущийся подвижной состав.

Основными отличиями химико-механизированной технологии очистки от пропарки, позволяющими существенно улучшить условия труда промывальщиков-пропарщиков являются: снижение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны и снижение тяжести трудового процесса за счет отсутствия многократных действий по подключению и уборке трубопроводов, необходимости пребывания работника в замкнутом пространстве и ручной очистки цистерны, а также снижение травмоопасности за счет исключения из технологии обработки острым паром.

**Во второй главе** представлен анализ технологических процессов обработки цистерн на промывочно-пропарочных станциях (ППС) и химико-механизированных методов очистки (ХМО).

Технология ППС представляет собой промывку водой (80-90 °С) или моющим раствором, иногда с предварительной пропаркой острым паром (120-130 °С). Пропаривание, которому подвергается около 50% всех порожних цистерн, необходимо для разогрева и удаления особо вязких или не сливаемых нефтеостатков. Продолжительность простоя цистерны под промывкой с пропариванием и дегазацией в среднем составлять от 2,5 до 4 ч., расход промывочной воды на цистерну составляет 2 – 10 м<sup>3</sup>.

В воде после промывки содержится до 1000 мг/л тонкоэмульгированных части, фенолы, щелочи и другие взвешенные, вещества. На всех ППС промывочная вода

используется повторно с промежуточным отстаиванием и последующим подогревом паром, часть вод направляется в канализационные стоки.

Из-за высокой летучести загрязнений работы по очистке цистерн от светлых нефтепродуктов проводятся на открытых эстакадах. Цистерны из-под тёмных нефтепродуктов обрабатываются большей частью в закрытых производственных цехах, так как требуется время для разжижения и подогрева остатков, особенно в зимний период года. Испарения от тяжелых нефтепродуктов типа мазута или нефти не столь интенсивны, но из-за высоких температур процесса промывки-пропарки и влажности воздух рабочей зоны на закрытых эстакадах насыщается углеводородами в концентрациях, превышающих гигиенические нормативы.

Технологическая схема экспериментальной очистки нефтезагрязненных цистерн на опытной площадке ООО «НПО «БалтЭкоРесурс» представлена на рисунке 1. Промывку осуществляют следующим образом: в ёмкости в воде разводят моющую композицию в концентрации 5% и подогревают до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Полученный раствор насосом подают на моечную машинку со струей высокого давления, установленную в отмываемой ёмкости закрытой герметично. Смесь раствора и загрязнений выводят самотёком из отмываемой ёмкости. Отмыв осуществляют в две стадии на протяжении 20 мин. с перерывом в 5 мин., при этом объём подачи раствора на обрабатываемую поверхность и объём отвода смеси раствор – отмытые загрязнения регулируют так, чтобы на первой стадии накопление образующейся смеси в очищаемой ёмкости не превышало  $1/3$  её объёма, а на второй стадии накопление отсутствовало. Далее смесь раствор – загрязнения выводят в сборную ёмкость, где происходит непрерывный сбор нефтепродуктов с поверхности раствора через переливной клапан.

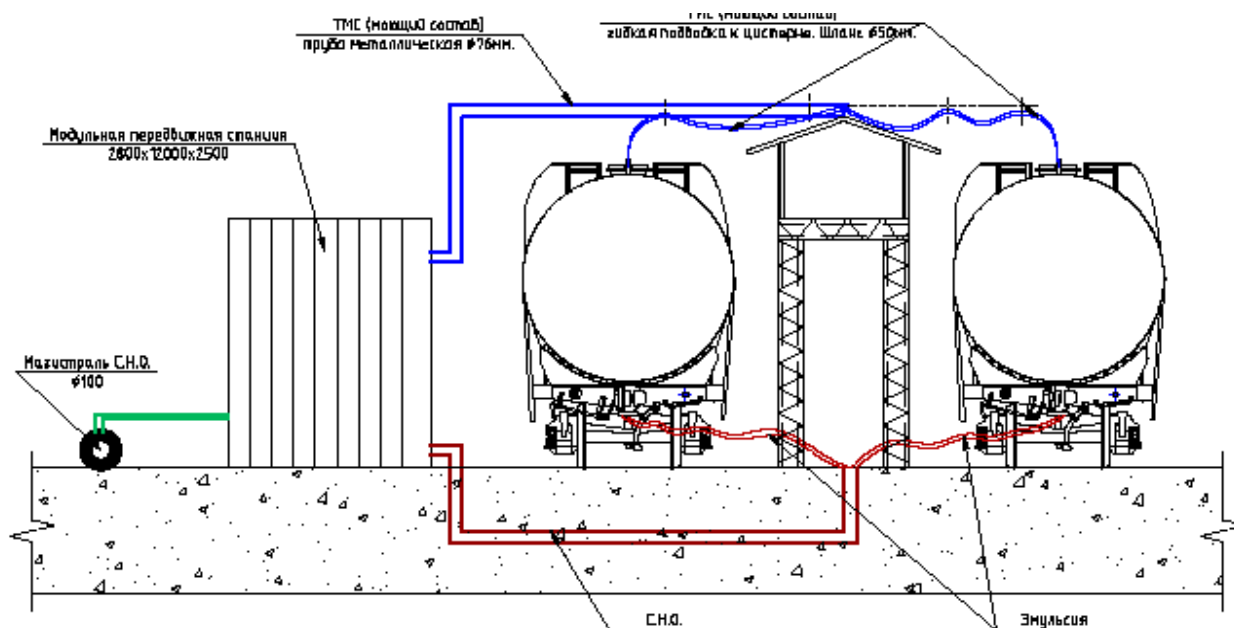


Рисунок 1 – Схема очистки цистерн с помощью модульной промывочной установки

Для того чтобы интенсифицировать процесс расслоения эмульсии, в сборную ёмкость через отверстия расположенного в нижней её части трубопровода подают воздух при давлении до 500 кПа. Образующиеся пузырьки воздуха, ускоряя процесс всплытия нефтепродуктов на поверхность, накапливаются между верхней границей поверхности раствора и нижней границей слоя загрязнений, образуя воздушную подушку, способствующую образованию чёткой границы между раствором и отмытыми загрязнениями. Это облегчает их сбор и способствует уменьшению

содержания влаги в отмытых загрязнениях – целевом продукте и, как следствие, к значительному сокращению потерь раствора ТМС. Раствор из сборной ёмкости возвращают в ёмкость чистого раствора, откуда он отбирается насосом и вновь подаётся на моечные агрегаты без непосредственного участия работника, обеспечивая замкнутый цикл работы без остановки моющего процесса и ожидания разделения смеси раствор – нефтепродукты, поскольку указанное разделение происходит в сборной ёмкости благодаря использованию эффективного ПАВ. После завершения очистки ёмкость вентилируют естественным образом в течение 25 минут до полного высыхания остатков раствора на стенках ёмкости.

**Третья глава** посвящена оценке факторов производственной среды и трудового процесса на рабочем месте промывальщиков-пропарщиков цистерн и состоянию их здоровья.

Для оценки факторов производственной среды была составлена фотография рабочего дня промывальщиков-пропарщиков, занятых подготовкой цистерн горячим способом под смену сорта перевозимого нефтепродукта или в ремонт. В производственном цикле наибольшее место занимают соединение вакуумного, паро- и водопроводного рукавов с трубопроводами для пропарки, промывки горячей водой, дегазации; контроль состояния оборудования, его регулировка и подсоединение; отключение подачи систем обеспечения; очистка от нефтепродуктов инструмента, инвентаря, сбор использованных обтирочных материалов; закрытие люков цистерн; уборка переходных мостиков.

Многие работодатели игнорируют указание Ведомственных норм технологического проектирования промывочно-пропарочных станций ВНТП-88 МПС СССР, в соответствии с которыми продолжительность смены промывальщиков-пропарщиков цистерн следует принимать равной 6 часам.

Установлено, что более 80% времени смены промывальщик-пропарщик осуществляет свою деятельность, сопровождающуюся физическими нагрузками, в неблагоприятных условиях при воздействии на него химического и виброакустического факторов, неблагоприятных микроклиматических параметров.

Так как процесс пропарки в соответствии с принятым технологическим процессом идёт при 130 °С (порог летучести многих легковоспламеняющихся газов и жидкостей: температура кипения бензина – 33 °С, бензола – 80,1 °С, ацетона – 56,1 °С, ксилола – от 138,3 °С, толуола – 110 °С, керосина – от 150 °С, уайт-спирита – 155 °С), в воздухе рабочей зоны промывальщика-пропарщика формируются высокие концентрации этих вредных веществ. При пропаривании и дегазации фактические концентрации керосина и толуола превышают ПДК<sub>м.р.</sub> в 1,7 раза и 1,2 раза соответственно, концентрации суммарных углеводородов соответствуют ПДК<sub>м.р.</sub> При промывке фактические концентрации керосина, толуола и суммарных углеводородов соответствуют ПДК<sub>м.р.</sub> Среднесменные концентрации керосина превышают ПДК<sub>с.с.</sub> в 2,1 раза, толуола - в 3,4 раза, суммарных углеводородов соответствуют ПДК<sub>с.с.</sub> Итоговый класс условий труда по химическому фактору на ППС оценен как вредный второй степени (3.2).

Гигиеническая оценка параметров микроклимата при выполнении различных видов работ промывальщиками-пропарщиками, проведена для работ в закрытых производственных помещениях на эстакадах и у сливных приборов.

Результаты исследований выявили значительные превышения температуры воздуха и относительной влажности над нормативами, причём наибольшие значения относительной влажности достигались в зимний период, а температуры воздуха – в



летний. ТНС-индекс при работе на эстакаде позволил установить класс условий труда вредный второй степени (3.2) в теплый период года и вредный первой степени (3.1) в холодный период года.

Наибольшие значения шума были зафиксированы при работе дегазационного оборудования – до 89 дБА за операцию, время воздействия 120 мин., характер шума тональный, это позволило установить класс условий труда как вредный первой степени (3.1).

Зрительная работа классифицируется как грубая. Искусственная освещенность на моечных и сливных эстакадах не соответствовала в большинстве точек измерений нормативу (100 лк), что при условии нахождения промывальщиков-пропарщиков на эстакадах более половины рабочей смены позволяет присвоить класс условий труда вредный первой степени (3.1).

При оценке тяжести трудового процесса установлено, что работа промывальщика требует проведения многократных операций по подключению и уборке насосного и вакуумного оборудования, спуска внутрь котла цистерны, открытия и закрытия технологических отверстий. Обслуживание десятка цистерн одновременно, необходимость оценки состояния внутренних поверхностей ёмкостей требуют от пропарщиков постоянного перемещения в пространстве на протяжении 85% смены, что соответствует классу 3.2. Количество наклонов корпуса при этом превышает норматив в 2,6 раза, что соответствует классу 3.1. Общая оценка тяжести труда, оценена как класс 3.2.

Общая оценка условий труда с учётом наличия трёх факторов с классом 3.2 (химический, микроклимат, тяжесть труда) позволила определить условия труда на рабочем месте промывальщика-пропарщика (таблица 1) как вредные третьей степени вредности (класс 3.3).

При оценке условий труда на рабочем месте оператора модульной передвижной промывочной установки (далее - МПУ), установлено следующее. При функционировании МПУ все работы могут проводиться на открытой территории. В соответствии с регламентом специальной оценкой условий труда микроклимат на открытой территории не оценивается. При реализации новой технологии время пребывания на открытой территории сокращается ввиду однократности операции по очистке цистерны (30 мин.). Применение МПУ позволяет исключить нахождение промывальщика-пропарщика в закрытом объеме резервуара, исключает ручной сбор нефтеостатков и операцию неоднократного подсоединения паропроводов, дегазационного оборудования. Оператор МПУ совершает меньше трудоемких операций по соединению или отсоединению оборудования и занимается в основном контролем работы автоматизированной системы очистки цистерн. В результате, тяжесть трудового процесса оценена как допустимая (класс 2).

Основным фактором, оказывающим негативное воздействие на условия труда, является химический фактор. По результатам расчётов и измерений фактические концентрации керосина, толуола и суммарных углеводородов не превысили соответствующие предельно допустимые концентрации ПДК<sub>м.р.</sub> и ПДК<sub>с.с.</sub>, поэтому класс условий труда по химическому фактору оценивается как допустимый (класс 2).

Измерения шума на рабочем месте оператора МПУ показали отсутствие превышения уровня звукового давления в октавных полосах частот и не превысили эквивалентное значение в 80 дБА за смену, условия труда оценены как допустимые (класс 2).

Таблица 1 – Гигиеническая оценка условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн и оператора МПУ

№ п/п	Род деятельности	Вредный производственный фактор					Итоговая оценка условий труда
		Химический	Микроклимат (закрытая эстакада)	Тяжесть трудового процесса	Шум	Освещенность	
1.	Промывальщик-пропарщик ППС	3.2	3.2	3.2	3.1	3.1	3.3
2.	Оператор МПУ	2	-	2	2	2	2

Итоговый класс условий труда может быть оценен как допустимый (2).

При проведении апостериорной оценки индекса профессиональной заболеваемости, предусматривающей учет категории частоты выявления профессиональных заболеваний и категории тяжести профессионального заболевания, использовали «МР 2.2.0138-18. 2.2. Гигиена. Гигиена труда. Оценка профессионального риска на химических производствах. Методические рекомендации».

Такие нефтепродукты как бензин, мазут, масла минеральные, керосин, нефть, парафин и другие могут вызывать у работников на коже экземы, дерматиты, пигментации, масляные угри и т.п. Раздражающим и аллергическим действием обладают бензин и его производные, уайт-спирит, другие нефтепродукты, поэтому профессия промывальщика-пропарщика обусловлена риском возникновения таких профессиональных заболеваний, как бронхиальная астма, профессиональная экзема, аллергические заболевания, интоксикация острая и хроническая. Тяжесть трудового процесса может провоцировать радикулит и радикулопатии.

По итогам расчетов для промывочно-пропарочной технологии суммарный индекс профзаболевания  $I_{пз}$  составил 0,60 (таблица 2). В соответствии с Р 2.2.1766-03 такой  $I_{пз}$  оценивается как очень высокий (непереносимый) риск.

Для химико-механизированных методов очистки суммарный индекс профзаболеваний  $I_{пз}$  составил 0,38 (табл. 2), что в соответствии с Р 2.2.1766-03 соответствует высокому риску, поэтому важным будет провести оценку риска и по другим направлениям.

Таблица 2 – Сводная таблица категорий тяжести и риска по видам профессиональных заболеваний для промывочно-пропарочной и химико-механизированной технологий

№ п/п	Форма профессионального заболевания	Средний коэффициент тяжести заболевания	Категория риска	$I_{пз}$	Технология	
					ППС	ХМТ
1.	Профессиональная Бронхиальная астма	4	3	0,08	+	+
2.	Радикулопатия пояснично-крестцового уровня	5	3	0,07	+	—
3.	Профессиональная экзема	4	3	0,08	+	+
4.	Сенсоневральная тугоухость	5	3	0,07	+	—
5.	Интоксикация острая	4	3	0,08	+	—
6.	Интоксикация хроническая	3	3	0,11	+	+
7.	Аллергические заболевания	3	3	0,11	+	+

Результатом работы стала карта риска промывальщика-пропарщика и мероприятия по снижению уровней риска (таблицы 3 и 4).

Таблица 3 – Карта оценки рисков на рабочем месте промывальщика-пропарщика цистерн ППС

Опасный или вредный фактор	Пункт по Приказу Минтруда РФ №438н	Степень тяжести воздействия	Вероятность опасности	Частота экспозиции	Уровень риска
Нарушения требований охраны труда на предприятии	35 – х)	2	2	0,6	2,4
Вредные факторы, включая результаты СОУТ	35 – ж), г), н)	3	2	0,6	3,6
Вредные факторы включая рез. Производственного контроля	35 – з), ж), г), л)	3	2	0,6	3,6
Риск несоблюдения ПБ работником с учетом чел. фактора	35 – ш), д), ж), г), в)	3	2	0,6	3,6
Риск аварий и отказов оборудования	35 – а), б), в), э)	2	1	0,6	1,2
Риск при осуществлении технологического процесса	35 – а), б), в), ю), э)	3	2	0,6	3,6
Тяжесть трудового процесса	35 – к)	3	2	0,6	3,6
Экологическая безопасность	35 – г), э)	2	2	0,6	2,4
Общий уровень риска на рабочем месте		Высокий			<b>26</b>
Опасность возникновения профессиональных заболеваний				0,60	
Риск опасностей, связанных с профессиональной деятельностью (по отрасли)				0,85	

Таблица 4 – Количественная характеристика риска на рабочем месте промывальщика-пропарщика цистерн и рекомендации по управлению риском

Опасный фактор	Цифровое значение вероятности	Уровень Риска	Меры по снижению
Нарушения требований охраны труда	2,4	Р3 (Прогнозируемый)	Регулярный контроль соблюдения требований законодательства в области охраны труда
Вредные факторы, включая результаты СОУТ	3,6	Р3 (Прогнозируемый)	Выполнение рекомендаций СОУТ, контроль за использованием СИЗ
Вредные факторы включая Производственный контроль	3,6	Р3 (Прогнозируемый)	Своевременное устранение замечаний надзорных органов, регулярный контроль условий труда
Риск несоблюдения ПБ работником (с учетом человеческого фактора)	3,6	Р3 (Прогнозируемый)	Инженерные методы ограничения воздействия вредных или опасных производственных факторов (в том числе за счет использования СКЗ, нанесения сигнальной разметки)
Риск аварий и отказов оборудования	1,2	Р4 (Допустимый)	Исключение опасных работ посредством изменения применяемых сырья, материалов или оборудования
Риск при осуществлении технологического процесса	3,6	Р3 (Прогнозируемый)	Исключение опасных работ на более безопасные посредством изменения применяемых сырья, материалов или оборудования
Тяжесть трудового процесса	3,6	Р3 (Прогнозируемый)	Соблюдение режима труда и отдыха
Экологическая безопасность	2,4	Р3 (Прогнозируемый)	Регулярный контроль соблюдения требований законодательства в области охраны окружающей среды
Общие риски на территории предприятия	0,85	Значительный	Весь комплекс мероприятий

Основой для математической модели оценки риска негативного ингаляционного воздействия химических веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны промывальщиков-пропарщиков цистерн, стали Методические рекомендации МосМР 2.1.9.003-03 «Расчет доз при оценке риска многосредового воздействия химических веществ».

При расчёте использовались усреднённые значения веса рабочих, объема поглощаемого воздуха и продолжительности экспозиции.

Проведен расчёт средней суточной потенциальной дозы ADD(I) (формула 1) для технологического процесса ППС и нового с использованием МПУ. Результаты расчетов и исходные данные для них приведены в таблицы 5 и 6.

$$ADD(I) = ((C_w * T_w * V_w * EF_w * ED_w) + (C_h * T_h * V_h * EF_h * ED_h)) / BW * AT * 365 \quad (1)$$

Произведена оценка средней суточной потенциальной дозы трёх основных химических веществ в воздухе рабочей зоны.

HQ - коэффициент опасности; ADD(I) – средняя суточная потенциальная доза, мг/кг\*день.

По результатам расчетов коэффициентов опасности для наиболее характерных веществ установлено, что работа по очистке цистерн химико-механизированными методами имеет риск развития общетоксических эффектов в 4,8 раза ниже по сравнению с промывочно-пропарочной технологией.

Таблица 5 – Усредненные данные для расчета средней суточной потенциальной дозы ADD(I) химических веществ

Параметр	Характеристика	Значение
$I$	величина поступления вещества в организм работающих, мг/кг, день	-
$C_w$ на ППС	концентрация вещества в воздухе рабочей зоны на ППС (по ГН 2.2.5.3532-18)	Керосин – 630 мг/м <sup>3</sup>
		Углеводороды алифатические - 200 мг/м <sup>3</sup>
		Толуол – 170 мг/м <sup>3</sup>
$C_w$ на МПУ	концентрация вещества в воздухе рабочей зоны на МПУ (по ГН 2.2.5.3532-18)	Керосин – 37,8 мг/м <sup>3</sup>
		Углеводороды алифатические - 60 мг/м <sup>3</sup>
		Толуол – 47,1 мг/м <sup>3</sup>
$C_h$	концентрация вещества в воздухе вне работы (по Р 2.1.10.1920-04)	Керосин – 0,01 мг/м <sup>3</sup>
		Общие углеводороды - 0,071 мг/м <sup>3</sup>
		Толуол – 0,4 мг/м <sup>3</sup>
$BW$	Средняя масса тела работника	70 кг.
$T_w$	Время, проводимое рабочей зоны,	8 час/день
$T_h$	Время, проводимое рабочей зоны,	16 час/день
$V_w$	Скорость дыхания в рабочее время	1,25 м <sup>3</sup> /час
$V_h$	Скорость дыхания в не рабочее время	0,63 м <sup>3</sup> /час
$EF_w$	Частота воздействия веществ на работе	250 дней/год
$EF_h$	Частота воздействия веществ вне работы	365 дней/год
$ED_w, ED_h$	Продолжительность воздействия	30 лет
$AT$	Период усреднения экспозиции	30 лет

Таблица 6 – Оценка неканцерогенного риска здоровью промывальщиков-пропарщиков

№ п/п	Название вещества	При промывочно-пропарочных операциях		При химико-механизированной очистке		Воздействие на орган
		ADD (I)	HQ	ADD (I)	HQ	
1	Керосин	61,65	0,72	3,7	0,04	печень
2	Суммарные углеводороды	19,58	0,23	5,9	0,07	глаза, почки, печень, ЦНС, органы дыхания
3	Толуол	16,69	1,18	4,7	0,33	ЦНС, развитие, органы дыхания

**Четвертая глава** посвящена улучшению условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн. Для снижения уровней воздействия опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах самым правильным является модернизация технологического процесса очистки цистерн, в связи с чем, был проведен синтез новых веществ – производных оксидов хинонов и создано техническое моющее средство на их основе.

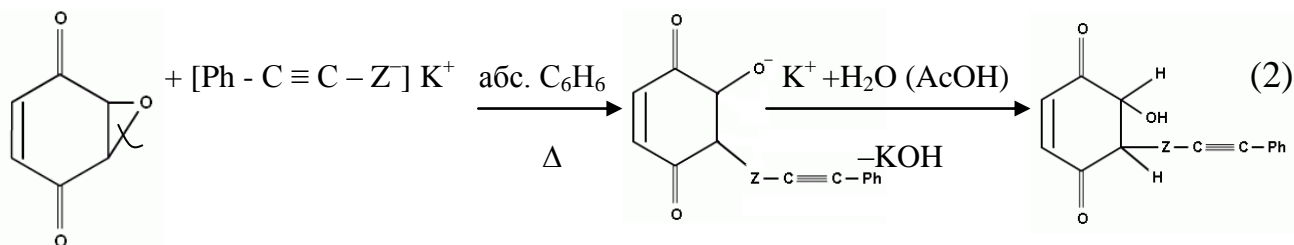
Представлены экспериментальные результаты получения производных оксидов хинонов:

- 2,3 - дигидро - 2 - гидроксид - 3 - фенилэтинилтио - 1,4 - бензохинон (I);
- 2,3 - дигидро - 2 - гидроксид - 3 - фенилэтинилселено - 1,4 - бензохинон (II);
- 3-гидро-2-метил-2-гидроксид-3-фенилэтинилтио-1,4-бензохинон (III);
- 3-гидро-2-метил-2-гидроксид-3-фенилэтинилселено-1,4-бензохинон (IV);
- 2,3 - дигидро - 2 - гидроксид - 3 - фенилэтинилтио - 1,4 - нафтохинон (V);
- 2,3 - дигидро - 2 - гидроксид - 3 - фенилэтинилселено - 1,4-нафтохинон (VI).

Первоначально были получены оксиды хинонов с разложением эпоксидов аддуктов хинонов с циклопентадиеном по методике К. Альдера.

Установлено, что при взаимодействии оксида *n*-бензохинона с ацетиленовыми тиолятами и селенолятами в инертной среде получают соответствующие 2,3-дигидро-2-гидроксид-3-фенилэтинилтио(селено)-1,4-бензохиноны (I, II) (формула 2).

Раскрытие  $\alpha$  – оксидного кольца  $\alpha$ ,  $\beta$  – непредельными тиолятами и селенолятами, выступающими в качестве нуклеофильных реагентов, произведено впервые.



Z = - S- (для I); Z = - Se – (для II).

Строение полученных продуктов (I, II) доказано анализом их ИК – спектров. Качественный и количественный состав был подтвержден элементным микроанализом.

В ИК – спектре на рисунке 2 [для (I)] обнаружены полосы валентных колебаний –ОН и –С≡С – связей в областях 3300 – 3390 см<sup>-1</sup>.

Полученные нами вещества были включены в состав технического моющего средства, состоящего из: силиката натрия (0,75 %), карбоната натрия (3,75 %), смачивателя ОП – 10 (0,25 %), воды (95 %) и ПАВ (0,25 %). В качестве основного ПАВ использовали производные 2-гидрокси-3-фенилэтинилтио(селено)-1,4-хинонов (далее – производные 1,4-хинонов).

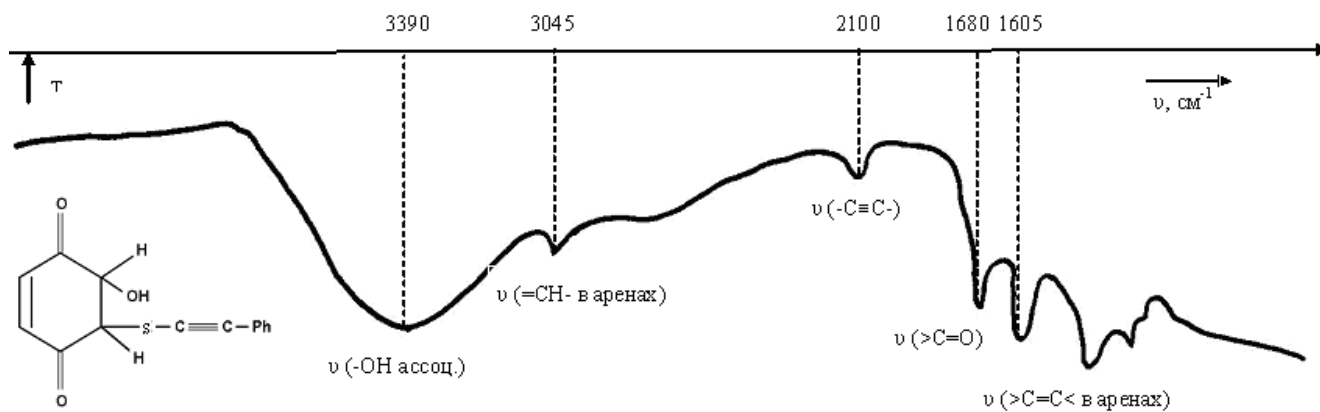


Рисунок 2 – ИК-спектр продукта (I)

Составляющие моющего раствора были выбраны из расчета, что каждая из них выполняет определенную функцию:

- производные 1,4-хинонов - хиноны обладают ярко выраженными поверхностно-активными свойствами, которые обеспечивают быстрое проникновение в структуру загрязнений, а затем - расслоение смывой эмульсии даже в холодной жесткой воде и последующую регенерацию ПАВ;

- Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> - силикат натрия необходим для создания сплошной пленки на отмываемой поверхности, для исключения повторного загрязнения отмываемой поверхности нефтепродуктами, а также для препятствия процессов коррозии отмываемых поверхностей.

- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> - карбонат натрия для уменьшения жесткости воды и обезжиривании металлических поверхностей;

- ОП-10 - раствор ПАВ, для обеспечения смачивающих и эмульгирующих свойств, пенообразования и моющего действия.

Из синтезированных производных оксидов хинонов для эксперимента по выбору оптимального состава компонентов был выбран - 2,3 - дигидро - 2 - гидрокси - 3 - фенилэтинилтио - 1,4 - бензохинон (I).

Для эксперимента использовали металлические пластины размером 40 \* 40 мм, загрязненные 0,2 г котельного топочного мазута марки М-100, которые помещали в плоскодонную колбу с 200 мл ТМС, подогретым до температуры 40 °С. Раствор перемешивали. После очистки пластины высушивали до установления постоянной массы и взвешивали для определения массы оставшихся на пластинах загрязнений. Процент отмытых загрязнений составил 98,5 %, рН раствора после промывки – 9,5.

На рисунке 3 представлено изменение внутреннего пространства цистерны от зеркального отражения нефтепродукта на её дне до чистого состояния при очистке по химико-механизированной технологии, создающей микроскопическую пленку на

отмываемой поверхности, а также вид цистерны после пропарки с промывкой горячей водой, когда она выглядит ржавой.

В результате натурального эксперимента сепарированный моющий раствор с остаточной концентрацией углеводов, не превышающей 0,3 мг/л, используется повторно для очистки следующей цистерны с остатками мазута. Эффективность моющего раствора не снижается.



а) Цистерна до очистки      б) Цистерна после ХМТ      в) Цистерна после пропарки  
Рисунок 3 – Внутреннее состояние котла цистерны

На рисунке 4 представлен каскадный отстойник для смытых из цистерны нефтеостатков (далее - СНО).



а) процесс всплытия СНО      б) отстойная ёмкость      в) ёмкость с чистым раствором  
Рисунок 4 – Технологические люки ёмкостей отстоя модульной промывочной установки

Таким образом, использование моющего средства на основе производных оксидов хинонов обеспечивает полную очистку очищаемых поверхностей при минимальном расходе моющего средства и сокращает время её обработки.

Отобранные загрязнения переводят в сборную емкость и представляют собой чистый, не обводненный нефтепродукт, который без дополнительной обработки может быть использован в качестве котельного топлива.

Применение такого технологического процесса, позволяет изменить рабочий процесс и улучшить условия труда при очистке цистерн химико-механизированным методом за счет исключения операций, определяющих тяжесть труда, уменьшения времени контакта с вредными веществами и одновременным снижением их концентрации в воздухе рабочей зоны, снижения уровня шума на рабочем месте в результате исключения операции принудительной дегазации.

Работа по новой технологии предполагает, что время пребывания на открытой территории по сравнению с технологией ППС сокращается на 25%. Учитывая низкие температуры воздуха на рабочих местах в зимний и межсезонный периоды года при обработке цистерн на открытой территории рассчитано допустимое время пребывания работников, занятых очисткой цистерн в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде (N 11-0/279-09 от 25.10.2001г.). Работа промывальщика-пропарщика по категории тяжести труда в соответствии с Прил. 1 СанПиН 2.2.4.3359-16 отнесена к категории работ Пб (энерготраты 233 – 290 Вт).

Использование химико-механизированной технологии позволило классифицировать условия труда как допустимые (класс 2). Ввиду изменившихся условий труда необходимо в соответствии с Выпуском 52 ЕТКС переквалифицировать профессию промывальщик – пропарщик цистерн (п.73 - 74) на машиниста моечной установки 3 разряда (п.20) (оператор МПУ).

### **Выводы**

1. Известные способы очистки железнодорожных цистерн от нефтепродуктов включают ручные, механизированные (обработка горячей или холодной водой), пропаривание (острый пар) и химико-механизированные (с применением растворителей или технических моющих средств). Наиболее широко используемыми являются промывочно-пропарочные и химико-механизированные способы очистки.

2. Сравнительный анализ условий труда при осуществлении промывочно-пропарочного и химико-механизированного методов очистки позволил установить, что при работе на ППС условия труда классифицируются как вредные 3 степени вредности (3.3) за счет тяжести трудового процесса (3.2), загрязнения воздуха рабочей зоны (3.2), виброакустического фактора (3.1), работы в неблагоприятных микроклиматических условиях (3.2). Применение химико-механизированных методов очистки за счет изменения технологического процесса снижает тяжесть трудового процесса, интенсивность воздействия химического фактора, исключает воздействие виброакустического фактора, работу в условиях высокой влажности и температуры воздуха, что позволяет классифицировать условия труда как допустимые (2).

3. Использование промывочно-пропарочной технологии формирует вероятность возникновения таких профессиональных заболеваний как бронхиальная астма, аллергические заболевания, дерматиты различной этиологии, профессиональная экзема, хроническая интоксикация, радикулопатия пояснично-крестцового уровня, сенсоневральная тугоухость. Внедрение новой химико-механизированной технологии позволяет снизить риск формирования профессиональных заболеваний в 1,6 раза по сравнению с промывочно-пропарочной технологией.

4. Разработка комплекса мероприятий, направленных на существенное улучшение условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн, на основе применения беспропарочной химико-механизированной технологии, включает синтез и использование новых высокоэффективных поверхностно-активных веществ – производных 2-гидрокси-3-фенилэтинилтио (селено)-1,4-хинонов, Патент РФ на изобретение № 2547823. Предложено и исследовано новое техническое моющее средство, включающее 0,25% производных 1,4-хинонов, 0,75%  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , 3,75%



Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,25% смачивателя ОП-10, и 95% H<sub>2</sub>O. Доказана эффективность очистки данным ТМС на 98-99 %.

5. Сформирована математическая модель для расчёта ингаляционного воздействия на промывальщика-пропарщика основных химических веществ (толуол, керосин, суммарные углеводороды), содержащихся в воздухе рабочей зоны, позволяющая рассчитать среднесуточную потенциальную дозу их воздействия и риск общетоксических эффектов.

6. Проведённая оценка и сравнительный анализ технологий очистки резервуаров от нефтепродуктов показали, что замкнутая химико-механизированная технология ООО НПО «БалтЭкоРесурс» совместно с новым разработанным ТМС на основе производных оксидов хинонов, не создающих стойких эмульсий, имеет преимущество перед технологией промывки-пропарки цистерн, всё ещё широко применяющейся в транспортной отрасли.

#### **Практические рекомендации.**

Модернизация производственных процессов на промывочно-пропарочных предприятиях должна идти в ключе замены пропарки и использования большого количества технической воды на герметичные замкнутые беспропарочные технологии с использованием высокоэффективных ПАВ. Для её реализации подходят синтезированные производные 2-гидрокси-3-фенилэтинилтио (селено)-1,4-хинонов и моющее средство их содержащее, которое не создаёт стойких эмульсий и позволяет осуществлять очистку в замкнутых технологических системах без использования высоких температур и мощного дегазационного оборудования.

Ввиду изменившихся условий труда необходимо в соответствии с Выпуском 52 ЕТКС переквалифицировать профессию промывальщик – пропарщик цистерн (п.73 - 74) на машиниста моечной установки 3 разряда (п.20) (оператор МПУ).

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации:**

##### *а) в рецензируемых научных изданиях*

1. Харитonenко, А.Л. Технология очистки промышленных ёмкостей и агрегатов от загрязнений органической и неорганической природы / Я.В. Зачиняев, А.Л. Харитonenко, Т.С. Титова, Ю.В. Сергиенко // Экология и промышленность России. – 2012. – № 3. – С. 53-57.

2. Харитonenко, А.Л. Анализ факторов производственной среды и трудового процесса на примере условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн / А.Л. Харитonenко, Я.В. Зачиняев, Ю.В. Сергиенко // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2012. – № 4 (22). – С. 87-90.

3. Харитonenко, А.Л. Анализ методов очистки и промывки поверхностей от углеводородных загрязнений с применением технических моющих средств при транспортировке, переработке и хранении нефтепродуктов / А.Л. Харитonenко, Я.В. Зачиняев, Т.С. Титова, Ю.В. Сергиенко // Экология и промышленность России. – 2012. – № 9. – С. 82-85.

4. Харитonenко, А.Л. Очистка резервуаров от нефтепродуктов с помощью технических моющих средств, содержащих новые поверхностно-активные вещества / А.Л. Харитonenко, Я.В. Зачиняев // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – №. 10 (214). – С. 36 - 43.

5. Харитоненко, А.Л. Априорная оценка профессионально-производственного риска здоровью промывальщиков–пропарщиков цистерн / Безопасность жизнедеятельности. // А.Л. Харитоненко. – 2020. – №. 10. – С. 20 - 27.

*б) зарегистрированные объекты интеллектуальной собственности*

6. Производные 2-гидрокси-3-фенилэтинилтио (селено)-1,4-хинонов в качестве поверхностно-активных веществ и моющее средство их содержащее [Текст]: пат. на изобретение № 2547823 Рос. Федерация: МПК C07C 50/00 C11D 3/08 C11D 3/10 / Зачиняев Я.В., Харитоненко А.Л., Сергиенко Ю.В., Титова Т.С., Зачиняева А.В., Ковалева Л.И.; заявитель и патентообладатель Я.В. Зачиняев. - 2013152521/04; заявл. 26.11.13; опубл. 10.04.15, Бюл. № 10-2015. – 8с.: ил.

7. Отстойная емкость модульной передвижной моющей установки [Текст]: пат. на полезную модель № 198642 Рос. Федерация: МПК B01D 21/02(2006/01) / Сергиенко Ю.В., Зачиняев Я.В., Сергиенко А.М., Зачиняева А.В., Ковалева Л.И., Харитоненко А.Л., Ковалёва Н.А.; заявитель и патентообладатель Ю.В.Сергиенко. - 2020107627/05(012251); заявл. 18.02.2020; опубл. 21.07.2020, Бюл. № 21. – 8с.: ил.

*в) в других изданиях и материалах конференций*

8. Харитоненко, А.Л. Модульные передвижные установки с воздействием на водонефтяные эмульсии магнитным полем / Я.В. Зачиняев, Ю.А. Гладилин, Ю.В. Сергиенко, А.Л. Харитоненко // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 3 (38). – С. 45-48.

9. Харитоненко, А.Л. К вопросу об оценке условий труда работников промывочно-пропарочных предприятий при воздействии химического фактора / А.Л. Харитоненко, Я.В. Зачиняев, Т.С. Титова, Ю.В. Сергиенко // Матер. XI Междунар. конф. «Современные проблемы гуманитарных и естественных наук». – М: Спецкнига. – 26-27 июня 2012г. – С. 79-82.

10. Харитоненко, А.Л. Анализ условий труда промывальщиков-пропарщиков цистерн / А.Л. Харитоненко, Я.В. Зачиняев // Матер. III Междунар. конф. «Техносферная и экологическая безопасность на транспорте (ТЭБТРАНС-2012)». – СПб: ПГУПС. – 21-23 ноября 2012г. – С. 254-257.

11. Харитоненко, А.Л. Синтез поверхностно-активных веществ. Взаимодействие оксидов хинонов с бромоводородной кислотой, 2-фенилэтинилтиолятом калия и 2-фенилэтинилселенолятом калия / Я.В. Зачиняев, А.В. Зачиняева, А.Л. Харитоненко, Т.С. Титова, Л.И. Ковалева. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2013. – № 6 (53). – С. 41-44

12. Харитоненко, А.Л. Влияние технологий по очистке резервуаров от нефтепродуктов на окружающую среду / А.Л. Харитоненко, Я.В. Зачиняев, Т.С. Титова, Ю.В. Сергиенко // Экологическая химия. – 2013. – Т. 22, № 4. – С. 198-202.

13. Харитоненко, А.Л. Проведение специальной оценки условий труда работников, занимающихся очисткой резервуаров / А.Л. Харитоненко // Сборник трудов LXXVI Всерос. науч.-технич. конф. студ., асп. и мол. ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы». – СПб: ПГУПС. – 18-25 апреля 2016г. – С. 374-379.

14. Харитоненко, А.Л. Инновационные технологии в развитии способов очистки резервуаров от нефтепродуктов с применением поверхностно-активных веществ / А.Л. Харитоненко, О.И. Копытенкова // Доклады XXI Междунар. науч.-

практич. конф. «Современные проблемы экологии». – Тула: Инновационные технологии. – 30 октября 2018г. – С. 38-40.

**15.** Харитоненко, А.Л. Химико-механизированные способы очистки резервуаров от нефтепродуктов как наиболее соответствующие критериям, предъявляемым к наилучшим доступным технологиям / А.Л. Харитоненко, Я.В. Зачиняев, О.И. Копытенкова // Матер. I Всерос. науч.-практич. конф. «Современные проблемы пожарной безопасности: Теория и практика (FireSafety 2019)». – Уфа, 2019. – Том 1. - С. 52-59.

**16.** Харитоненко, А.Л. Обеспечение безопасных условий труда при работе на открытой территории в условиях Арктической климатической зоны / А.Л. Харитоненко // Матер. Междунар. науч.-практич. конф «Арктика: Современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе». – Тюмень. – 27 ноября 2019. - Том 1. - С. 196-199.

**17.** Харитоненко, А.Л. Обеспечение пожаровзрывобезопасности процессов очистки резервуаров, загрязнённых нефтепродуктами // Матер. II Междунар. науч.-практич. конф. «Проблемы обеспечения безопасности (Безопасность 2020)». – Уфа, 2020. – С. 144-146.

Автор выражает благодарность д.х.н., д.б.н., профессору Зачиняеву Ярославу Васильевичу за оказанную помощь при выполнении диссертационного исследования и ценные замечания, сделанные при его обсуждении.

Харитоненко Александр Леонидович

## ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРОМЫВАЛЬЩИКОВ- ПРОПАРЩИКОВ ЦИСТЕРН

05.26.01 – Охрана труда (транспорт)

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук