

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»

(наименование)

18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии
и биотехнологии»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов»

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Оптимизация технологии утилизации отработанных масел на примере
Самарского АО «УПНП и КРС»»

Обучающийся

Тугуткин К.В.

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.В. Кравцова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)



Тольятти 2023



Росдистант

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Аннотация

Тема работы: Оптимизация технологии утилизации отработанных масел на примере Самарского АО «УПНП и КРС»

Бакалаврская работа изложена на 74 листах, включает 9 таблиц, 6 рисунков, список из 80 используемых источников (3 – иностранных).

Целью бакалаврской работы является снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет использования эффективной технологии утилизации отработанных масел на предприятии АО «УПНП и КРС» в г. Самара.

Объект темы исследования: отработанные моторные масла, накопленные в шламовых амбарах предприятия АО «УПНП и КРС» в г. Самара.

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения и списка используемых источников. Во введении сформулированы цель и задачи исследования, обоснована актуальность выбранной темы.

В первой части рассмотрен теоретический анализ и литературный обзор. Во второй части определен оптимальный выбор технологии и рассчитан материальный баланс.

В третьем разделе проведен эколого-экономический расчет эффективности предлагаемой технологии по оптимизации технологии утилизации отработанного масла

В заключении отражены основные выводы о проделанной работе.

Содержание

Введение.....	4
1 Литературный обзор в области использования технологий для утилизации отработанных масел.....	6
1.1 Экологическая опасность отработанного моторного масла.....	6
1.2 Способы утилизации отработанного масла.....	14
2 Совершенствование технологии утилизации отработанных масел в АО «УПНП и КРС».....	31
2.1 Краткая характеристика предприятия.....	31
2.2 Экспериментальные исследования качественного состава отработанного масла	34
2.3 Физико-химические свойства отработанного масла	47
2.4 Анализ патентных технологий по утилизации отработанного масла ...	48
2.5 Совершенствование технологии утилизации отработанного масла.....	53
2.6 Расчет материального баланса технологического процесса.....	55
3 Эколого-экономическая оценка предложенной технологии	60
Заключение	64
Список используемой литературы	68

Введение

Актуальность работы на тему «Оптимизация технологии утилизации отработанных масел на примере Самарского АО «УПНП и КРС» в современном мире широкого применения отработанных масел является высокой.

На сегодняшний день большинство предприятий рассматривают такой наиболее приемлемый для себя способ утилизации отработанных моторных масел, как захоронение. Но при этом важно понимать, что данный метод не является экологичным, захоронение отработанного масла отодвигает его воздействие на природные среды на неопределенный срок. Методы восстановления на месте, где они используются, отправка на нефтеперерабатывающий завод и регенерация, можно отнести к способам продления срока службы отработанного масла. Но при этом ряд авторов считают, что сжигание отработанных масел является самым оптимальным методом утилизации отработанных масел [2], [3].

Но сохранение окружающей среды, которая в современных техногенных условиях должно быть на первом месте для каждого человека, снижение техногенной нагрузки требует внедрения малоотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий, применения современного оборудования и мероприятий по совершенствованию имеющихся на предприятиях технологий.

Актуальность выбранной темы исследования обусловлена следующими причинами:

– на многих предприятиях нефтяной промышленности проблема ликвидации отработанных масел до сих пор не решена и данный вид отхода постоянно накапливается. В связи с длительным хранением меняется качественный состав, что еще больше усугубляет решение проблемы. Отработанные масла наносят огромный ущерб почвенному покрову, поверхностным и грунтовыми водам;

– нормативно-правовая база на сегодняшний день предъявляет особые требования к размещению, переработке и утилизации отработанных моторных масел;

– в связи с большими объемами накопления отработанных масел существует острая необходимость уменьшения массы данного вида отхода с целью снижения негативного воздействия на здоровье человека и природную среду.

Проблема темы исследования: положительная динамика накопления отработанных масел и отсутствие эффективного метода обезвреживания непосредственно на месте размещения данного отхода.

В связи с этим цель работы – снижение негативного воздействия на окружающую среду за счет использования эффективной технологии утилизации отработанных масел на предприятии АО «УПНП и КРС» в г. Самара.

Для достижения поставленной цели были выдвинуты следующие задачи:

– провести литературный обзор технологий утилизации отработанных масел;

– выбрать и обосновать оптимизированную технологию утилизации отработанных масел;

– провести расчет материального баланса оптимизированной технологии утилизации отработанных масел.

Объект темы исследования: отработанные моторные масла, размещенные на предприятии АО «УПНП и КРС» в г. Самара.

Работа состоит из введения, 3 глав, содержащих теоретические и практические данные, заключения и список литературы. Общий объем работы – 75 страниц.

1 Литературный обзор в области использования технологий для утилизации отработанных масел

1.1 Экологическая опасность отработанного моторного масла

В соответствии с техническими руководящими принципами Базельской конвенции, термин «отработанное масло» определяется как: «...любой полутвердый или жидкий отработанный продукт, состоящий полностью или частично из минерального масла или синтезированных углеводородов (синтетические масла), маслянистых остатков из резервуаров, водонефтяных смесей и эмульсий» [77].

Отработанные масла получают из промышленных и непромышленных источников после использования для смазки, гидравлики, теплопередачи, электроизоляции (диэлектрика) или других целей [32]. Первоначальные характеристики отработанных масел меняются в процессе использования, сохраняя присущие им преимущества в отношении смазывания и нагрева. Попадание посторонних веществ делает отработанные масла непригодными для дальнейшего непосредственного использования без обработки.

Синтетические масла охватывают широкий спектр химических веществ и включают сложные углеводородные эфиры, фосфатные эфиры, гликоли, хлорированные углеводороды, кремниевые масла и синтетические углеводороды. Эти синтетические масла похожи по составу на масла на нефтяной основе, учитывая, что основные соединения водорода и углерода объединяются с использованием химического процесса [1].

Синтетические или нетрадиционные базовые масла для смазочных материалов также включают полиальфаолефины, гидрокрекингные базовые масла и масла для преобразования газа в жидкость (GTL). Эти нетрадиционные базовые смазочные масла обладают превосходными эксплуатационными характеристиками и позволяют увеличивать интервалы

слива благодаря низковязким и высоковязким индексам жидкостей для автоматических трансмиссий нового поколения.

«Одна из основных проблем, связанных с моторным маслом, связана с хорошо организованными системами утилизации и сбора отработанного масла. Утилизация отработанного масла имеет особое значение, как для экономики, так и для защиты окружающей среды. В настоящее время на нашем земном шаре существует множество экологических проблем. Поскольку естественные процессы на Земле превращают местные проблемы в серьезные, немногие общества остаются незатронутыми серьезными экологическими проблемами. Одной из крупнейших проблем, которые сейчас затрагивают Землю, является глобальное потепление, загрязнение воды, воздуха, опасные отходы, смог и другие» [72].

«Хотя токсичность отработанного масла для людей является серьезной проблемой:

- отработанное моторное масло нерастворимо, стойко и может содержать токсичные химикаты и тяжелые металлы;
- оно медленно разлагается;
- оно прилипает ко всему, от пляжного песка до птичьих перьев;
- это основной источник загрязнения нефтью водных путей и может привести к загрязнению источников питьевой воды» [62].

«Переработка и повторное использование отработанного моторного масла предпочтительнее утилизации и может обеспечить большие экологические преимущества. Переработанное отработанное моторное масло может быть переработано в новое масло, в мазут и использовано в качестве сырья для нефтяной промышленности» [35].

Надлежащие схемы стимулирования, заинтересованные стороны и влиятельные лица, включая правительства, директивные органы, переработчиков отработанного масла, переработчиков вторичной переработки и природоохранные организации, могут организовать новые бизнес-модели

для преобразования стратегий циркуляции в конкурентные преимущества, устойчивость компании и улучшенные модели получения доходов.

Улучшенная циркуляция отработанных масел будет способствовать повышению эффективности использования ресурсов за счет продления срока службы и увеличения вторичного использования в качестве исходных потоков для производства свежих смазочных материалов и продуктов с устойчивыми экологическими преимуществами. Необходимы капитальные вложения для создания новой инфраструктуры сбора, хранения, логистики и переработки отработанных масел.

Таким образом, взаимосвязь между максимальным сбором отработанных масел, их переработкой, повторным использованием и получаемыми в результате экологическими выгодами очевидна. Однако поставки отработанных масел непостоянного качества являются серьезной проблемой [38].

Отработанные масла, такие как моторное масло, гидравлические жидкости и трансмиссионные масла, используемые в автомобилях, велосипедах или газонокосилках, могут загрязнять окружающую среду, если их не перерабатывать или не утилизировать надлежащим образом [71]. Местные органы по обращению с отходами или авторемонтные мастерские должны надлежащим образом утилизировать отработанное масло, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды. Отработанные масляные фильтры создают аналогичные проблемы с отходами. При надлежащем сливе они могут быть безопасно переработаны или утилизированы [10].

Моторное масло может оказать пагубное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Из-за того, что отработанное моторное масло может оказывать вредное воздействие на окружающую среду, людям важно использовать местные центры утилизации для надлежащей утилизации.

Отработанное моторное масло содержит такие загрязняющие вещества, как мышьяк, кадмий, бензол, свинец, магний и цинк. При неправильной утилизации масла эти загрязнения могут просочиться в грунт и нанести

ущерб. Они могут повредить почву, на которой выращиваются сельскохозяйственные культуры, загрязняя пищевую цепочку. Масло может в конечном итоге даже попасть в водные пути, загрязняя их.

Отработанные моторные масла не представляют значительной опасности для здоровья при вдыхании. Однако они могут представлять проблему при попадании в глаза или на кожу, вызывая аллергическую реакцию кожи или раздражение глаз. Долгосрочные последствия повторного контакта включают более высокий риск развития рака кожи.

Один литр неправильно утилизированного моторного масла может испортить до миллиона литров пресной воды. Загрязнение питьевой воды, пожалуй, является наиболее серьезной опасностью неправильной утилизации отработанного моторного масла. Дождевая вода может переносить токсины в канализацию и ручьи, которые в конечном итоге могут попасть в питьевую воду [55].

Некоторые из многих причин повторного использования отработанного масла включают:

- переработка отработанного масла предохраняет его от загрязнения почвы и воды;
- моторное масло не расходуется в технологическом цикле – оно просто загрязняется, поэтому его переработка экономит ценный ресурс;
- для производства повторно очищенного базового сырья требуется меньше энергии, чем для получения базового сырья из сырой нефти;
- из одного галлона отработанного моторного масла получается те же 2,5 литра смазочного масла, что и из 42 галлонов сырой нефти [60].

Неправильное обращение с отработанным смазочным маслом является серьезной экологической проблемой. Почти все виды отработанного масла потенциально могут быть безопасно переработаны, экономя ценный невозобновляемый источник, и в то же время, сводя к минимуму загрязнение окружающей среды. К сожалению, с большей частью отработанного масла обращаются ненадлежащим образом. Часть сливается в канализацию с

дальнейшим непосредственным попаданием в сточные воды, что отрицательно сказывается на водоочистных сооружениях. Часть его выливают прямо на землю, чтобы уничтожить сорняки, или выливают на грязные дороги, или сбрасывают в пустынях, где оно может загрязнять поверхностные и подземные воды.

Сброс отработанного смазочного масла в экосистему создает опасность для окружающей среды. Во всем мире принимаются жесткие законы по утилизации отработанных нефтепродуктов, и следует приложить все усилия для их повторного использования. В большинстве случаев отработанное масло может быть повторно использовано после восстановления с добавлением каких-либо добавок или без них, что приводит к огромной экономии масла.

Таким образом, регенерация, утилизация или вторичная переработка отработанных смазочных масел стала важной отраслью перерабатывающей промышленности, использующей различные методы очистки масла [26].

Известно, что отработанное масло представляет канцерогенный риск для людей. Основными канцерогенными веществами, обнаруживаемыми в отработанном масле, являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) с 3-7 кольцами, такие как бенз(а)пирен, бенз(а)антрацен и хризен. Эти химические компоненты – и многие другие подобные им – образуются во время цикла сгорания в двигателе и, следовательно, в больших количествах содержатся в потоках отработанного масла. Важно отметить, что ПАУ также присутствуют в сырой нефти и могут присутствовать в неиспользованных базовых жидкостях, производимых на производственных предприятиях [21].

Отработанное масло состоит в основном из углеводов, но также содержит различные добавки, которые повышают его эксплуатационные характеристики в конкретных областях применения. «Количество и тип присадок зависят от предполагаемого использования масла. Например, гидравлические масла содержат очень мало присадок, в то время как смазочные масла обычно содержат от 10 до 20 процентов по объему.

Некоторые из этих добавок могут быть вредны для здоровья человека и окружающей среды, в то время как другие безвредны. Отработанное масло также содержит физические и химические примеси из-за физического загрязнения, химических реакций и износа, происходящих во время его использования» [24].

Например, добавка тетраэтил свинца разлагается до свинца, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) образуются при неполном сгорании органических веществ, таких как масла, а частицы тяжелых металлов попадают в результате износа. Именно эти загрязняющие вещества, а не само масло, вызывают беспокойство, когда масло сжигается определенным образом или используется на дорогах. При повторной очистке отработанного масла загрязняющие вещества не уничтожаются, а накапливаются в осадке отходов. Загрязняющие вещества делают этот нефтесодержащий шлам высокотоксичным [22].

Существует большое разнообразие свойств отработанного масла и загрязняющих веществ в нем. Основными загрязнителями отработанного масла являются дихлордифторметан алюминия, бензол, трихлоротрифторэтан сурьмы, мышьяк толуола, ксилолы 1,1,1-трихлорэтана, трихлорэтилен бария, полихлорированные дифенилы хрома, другие ПАУ, кобальт сера, азот меди, свинец, магний, марганец, ртуть, никель, фосфор, кремний, сера и цинк.

Загрязняющие вещества, содержащиеся в отработанном масле, могут вызывать различные заболевания у людей и других млекопитающих при вдыхании, проглатывании или контакте с кожей.

Наблюдаемые эффекты включают липидную пневмонию, липидную гранулему в легких, экзематозный и контактный дерматит, фолликулит, масляные угри и меланоз. Отработанное масло может вызывать рак, в основном плоскоклеточный рак кожи, мочевого пузыря и печени. Эти эффекты могут быть в значительной степени обусловлены присутствием ПАУ в отработанном масле; бензол, толуол и хлорированные растворители также могут вносить свой вклад в эту токсичность. ПАУ образуются при неполном

сгорании органических веществ, таких как масла. Семь ПАУ были классифицированы как вероятные канцерогены для человека [22].

ПАУ, как правило, быстро всасываются при вдыхании, проглатывании или попадании через кожу. Тяжелые металлы имеют тенденцию концентрироваться в окружающей среде (например, в растениях, животных и водных видах), и люди могут вступать с ними в контакт, вызывая широкий спектр заболеваний, таких как рак, анемия, изъязвления кожи и сердечно-сосудистые заболевания. «Значительная обеспокоенность по поводу воздействия свинца на здоровье, который присутствовал в вызывающих тревогу количествах в некоторых районах Индии, привела к его постепенному отказу от использования в нефтепереработке в 1996 году. Поскольку содержание свинца в бензине снизилось до незначительных количеств, то же самое произошло и с количествами, обычно содержащимися в отработанном смазочном масле» [20]. Особенно вредные металлы, которые остаются в той или иной степени в отработанном масле, включают мышьяк, кадмий и хром. Твердые частицы, образующиеся при сжигании отработанного масла, могут усугублять и вызывать проблемы с дыханием, а также приводить к потере функции легких, способности противостоять инфекции и смерти. Диоксид серы и диоксид азота также образуются при сжигании отработанного масла и могут оказывать серьезное неблагоприятное воздействие на дыхательные пути. При сжигании топлива, содержащего углерод и хлор, может образовываться широкий спектр хлорорганических соединений. К ним могут относиться диоксины и фураны, которые представляют опасность для здоровья человека и окружающей среды. «Токсические реакции включают кожную токсичность, иммунотоксичность, канцерогенность и неблагоприятное воздействие на репродуктивную функцию, развитие и эндокринные функции» [17].

Полихлорированные дифенилы (ПХД) в основном содержатся в отработанных трансформаторных маслах, но считается, что в настоящее время в маслах остается очень мало ПХД. Хотя уровень содержания ПХБ в

отработанном масле невелик, последствия воздействия на здоровье очень серьезны. ПХД обладают высокой стойкостью и могут накапливаться в тканях человека в высоких концентрациях. Это может вызвать серьезные последствия для здоровья, включая повреждение печени, проблемы с дыханием, развитие рака, нарушение работы эндокринной системы и нейротоксичность [3].

Животные и водные организмы разделяют некоторые последствия для здоровья человека, вызванные загрязнителями отработанного масла. Наблюдаемые эффекты включают острую токсичность для водных организмов в результате отравления мышьяком, кадмием, хромом и цинком; острую токсичность для рыб и опухоли, вызываемые смесями ПАУ; и ряд заболеваний, влияющих на фертильность, размножение, иммунную систему и рост, вызываемых ПХД и диоксинами [34]. Для некоторых веществ, содержащихся в отработанном масле, таких как ртуть, ПХД и хлорорганические соединения, основной проблемой, вызывающей беспокойство при попадании в окружающую среду, является не их кратковременное токсическое действие, а риски, связанные с их биоаккумуляцией в организмах и возможностью вторичного отравления. Нефтяные загрязнители также обладают рядом свойств, ядовитых для растений. Было показано, что тяжелые металлы, такие как кадмий, мышьяк и хром, вызывают прямую токсичность для растений. «Ухудшение состояния листвы и роста растений вызвано диоксидом азота и сернистым газом, а также физическим удушением нефтью или частицами, образующимися при горении нефти. Масло, плавающее на поверхности воды, может препятствовать проникновению кислорода в воду, отрицательно влияя на водную флору и фауну» [19].

После слива смазочного масла из двигателей, коробок передач и гидравлических систем, турбин и воздушных компрессоров:

- масло загрязнено остатками износа;
- базовое смазочное масло испортилось и разложилось до кислот;
- присадки разлагаются на другие химические соединения.

В отработанное масло попадают технологические жидкости, обезжириватели и растворители

Отработанное масло содержит изнашиваемые металлы, такие как железо, олово и медь, а также свинец из этилированного бензина, используемого автомобилистами. Цинк содержится в пакетах присадок в смазочных маслах [18].

Таким образом, важно рассмотреть вопрос о надлежащей обработке отработанных масел до повторного использования переработанного отработанного масла в качестве источника энергии в промышленных котлах или печах, чтобы в полной мере воспользоваться любыми потенциальными экологическими преимуществами. Утилизация отработанных масел без надлежащей очистки создает экологические проблемы из-за вредных химических компонентов в дымовых газах, таких как ПАУ, полихлорированные дифенилы (ПХД), полихлорированные терфенилы (ПХТ), диоксины и тяжелые металлы, среди прочего. В качестве методов очистки могут использоваться типичные процессы нефтепереработки, такие как гидрирование и экстракция растворителем. В противном случае потребуется гораздо более высокая температура внутри камеры сгорания для обеспечения полного окислительного разрушения ПАУ, ПХД и ПХТ. Утилизация отработанного масла в производстве цемента может быть удовлетворительным методом утилизации с экологической точки зрения.

1.2 Способы утилизации отработанного масла

Извлечение базового масла из отработанного масла является основным направлением деятельности предприятий по переработке отработанного масла, целью которых является получение максимального выхода переработанного базового масла, смешанного с запатентованными присадками для получения в конечном итоге переработанных смазочных масел. В процессе повторной переработки отработанное нефтяное сырье

перегоняется на более легкие фракции, такие как легкий растворитель, дизельное топливо, легкое и тяжелое экстракционное масло, базовое масло и остаточная вода, с использованием разницы температур кипения [68].

Композитный побочный продукт отработанного масла в виде смеси легкого растворителя, мазута и легкой масляной вытяжки обычно составляет 35% поступающего потока и может быть потенциальным качественным кандидатом на разбавитель тяжелого мазута, заменяя традиционные сырьевые материалы, такие как керосин и продукты переработки дизельного топлива. Остаточное тяжелое масло, полученное в результате повторной переработки отработанного масла, не представляет интереса в качестве дистиллированной фракции из-за высокого содержания металлов, среди прочих факторов.

Отработанное моторное масло – это свежее моторное масло, которое после некоторого использования становится черным и липким при смешивании с водой, пылью или металлическим порошком от истирания оборудования или другими примесями [69].

Отработанное масло можно перерабатывать в смазочные материалы, в мазут и использовать в качестве сырья для нефтеперерабатывающей промышленности. Кроме того, в отработанных масляных фильтрах содержится многократный металлолом, который производители стали могут использовать в качестве сырья для переработки [70].

Наиболее предпочтительный вариант – повторно очищенное масло – должен соответствовать тем же строгим стандартам очистки, компаундирования и эксплуатационных характеристик, что и первичное масло для использования в автомобильных, дизельных двигателях большой мощности и других двигателях внутреннего сгорания, а также гидравлических жидкостях и трансмиссионных маслах. Обширные лабораторные испытания и полевые исследования показывают, что повторно очищенное масло эквивалентно первичному маслу - оно проходит все предписанные тесты и, в некоторых случаях, даже превосходит первичное масло [36].

Те же потребители и предприятия, которые используют обычное масло, также могут использовать повторно очищенное масло, поскольку повторная переработка просто перерабатывает отработанное масло в новое высококачественное смазочное масло. Все предприятия по техническому обслуживанию транспортных средств, автовладельцы и другие операции по техническому обслуживанию оборудования, в которых используется масло, также могут использовать повторно очищенное масло. В некоторых случаях предприятия по техническому обслуживанию автопарка, использующие большие объемы масла, организуют повторное использование того же масла, которое они отправляют на повторную переработку – настоящий замкнутый цикл переработки [5].

Федеральный уровень в Российской Федерации в экологических вопросах представлен около 20 законами. Воздействие на экологическую составляющую отходов, которые образуются в процессе работы автомобильных и автотранспортных предприятий, особенно касающихся вредных отходов непосредственно от автотранспорта, регламентировано в таких нормативно-правовых актах, как Законы РФ: «Об охране окружающей природной среды» [65], «Об охране атмосферного воздуха» [66] и «Об отходах производства и потребления» [67].

В разных регионах Российской Федерации происходит образование разных объемов отработанного масла, которые зависят от количества автотранспорта в регионе. Для понимания объемов образующегося масла, можно привести данные, согласно которым только в Москве образуется на ежегодной основе 40 тысяч тонн отработанного масла. В целом переработка и утилизация отходов убыточна и, либо должна датироваться, либо услуги по приему на переработку и уничтожение должны быть платными.

В соответствии с Законом РФ «Об отходах производства и потребления» обязанность оплачивать затраты на переработку и уничтожение отходов возложена на собственника отходов. Законами Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды», «Об охране атмосферного воздуха» и

«Об отходах производства и потребления» установлены санкции за нарушение правил обращения с отходами вплоть до штрафа.

Все упомянутое является вполне достаточной базой для решения проблемы отходов производства, включая отработанные масла [5].

Дальнейшее использование отработанного моторного масла может идти в следующих направлениях:

- как биотопливо для автотранспорта или машин, принимающих участие в технологическом процессе [5];
- применение в качестве смазочных материалов с последующим сбором отработанных продуктов и их дальнейшей переработки с целью дальнейшего использования. Тут следует отметить, что этот вариант является наиболее оптимальным с точки зрения воздействия на природные экосистемы [6].

При этом объемы, которые образуются как отработанные технические жидкости, не сравнимы с объемами других отходов, что обуславливает нецелесообразность и экономически невыгодную эффективность. При этом, чтобы избежать загрязнения природных экосистем отработанными техническими жидкостями, вариантом выбора их утилизации является термическое сжигание, которое проводя на специальном оборудовании – установках для сжигания нефтешламов [11].

«Отработанные нефтепродукты, которые собираются на территории нашей страны, согласно требованиям нормативной документации (в данном случае ГОСТ 21046-8) к их применению до отработанного состояния, делятся на три группы:

- ММО – масла моторные отработанные;
- МИО – масла промышленные отработанные;
- СНО – смесь нефтепродуктов отработанных» [16].

Группу ММО составляют отработанные моторные масла. В их состав входят присадки, продукты их разложения (4–8%), смолы и другие продукты окисления масла (до 3%), органические соединения цинка, бария, кальция,

серы, фосфора (до 2%), а также канцерогенные продукты неполного сгорания топлива и продукты износа деталей двигателя [4].

«Отработанные нефтепродукты, которые представляют согласно ГОСТу группу СНО, возможно собирать менее избирательно, поскольку в данную группу попадает довольно широкий перечень отработанных продуктов: не только отработанные моторные масла, но и трансмиссионные, нефтяные жидкости для промывки, а также жидкие нефтепродукты, которые являются отходами очистных сооружений и нефтесодержащие воды, которые перед этим отделены от примесей механического характера и воды» [33].

Такой широкий спектр применения обуславливает повышенную загрязненность данной группы не только опасными компонентами, как в отработанных маслах группы ММО, но и соединениями хлорорганической природы, легких компонентов нефти, количество которых никак не регламентировано. Присутствие этих компонентов повышает пожарную опасность данных видов отходов. Кроме того, изъятие данных видов отходов из очистных сооружений может привносить в данные виды отходов дополнительные органические и неорганические соединения, которые нельзя подвергнуть и предугадать какому-либо подсчету, как в качественном, так и в количественном аспекте [14].

Сегодня не существует данных, по которым можно судить о том, какое количество моторных масел реализуется для потребления, а также какое количество отработанных нефтепродуктов собирается. О примерных данных может свидетельствовать количество автомобилей, которые стоят на учете в регионе.

Исходя из расхода масла на один автомобиль и количества отработанного масла от одного автомобиля, который составляет 8-10 литров ежегодно.

В 90-е годы 20 века в качестве повторного применения отработанных нефтепродуктов применялись следующие методы:

- централизованная переработка на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности. Такие предприятия перерабатывали в среднем от 30 до 40% общего количества отработанного масла;
- повторное применение для собственных нужд требовало от 46 до 50% общего количества отработанного масла;
- на использование отработанных нефтепродуктов в качестве топлива уходило от 8 до 10% общего количества отработанного масла;
- регенерация с целью повторного применения требовала от 1 до 3% общего количества отработанного масла [22].

Данные представлены на рисунке 1.

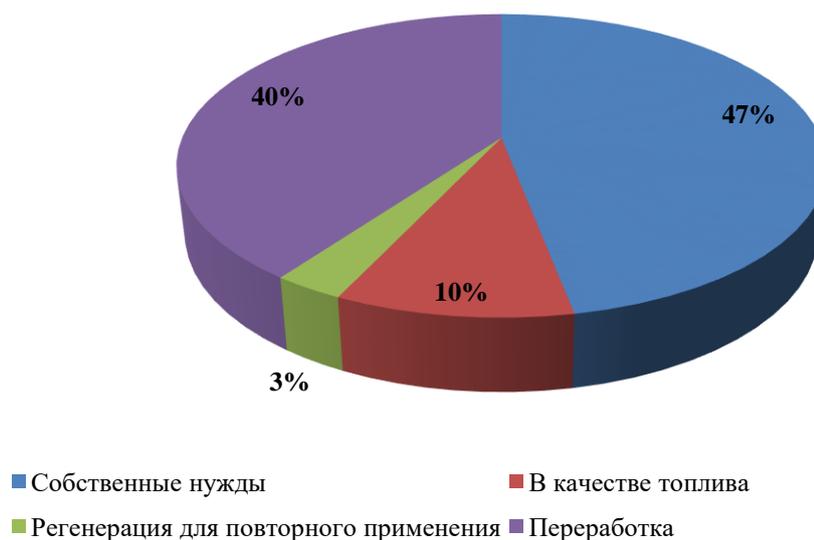


Рисунок 1 – Варианты использования отработанного моторного масла в 90-е годы, % [8]

В современных реалиях технологии утилизации и регенерации идут в ногу со временем. Вопросы переработки и утилизации отработанных моторных масел практически не интересуют предприятия нефтепереработки. Вопросы регенерации отработанного моторного масла также не решаются, поскольку необходима модернизация применяемого оборудования в процессе технологического процесса регенерации моторного масла.

Эффективность улучшенной циркуляции отработанных масел имеет решающее значение для минимизации сопутствующего воздействия на окружающую среду. Переработка отработанного масла имеет два ключевых варианта:

- неоптимальная утилизация: восстановление присущей отработанным маслам теплотворной способности в процессе сгорания;
- утилизация с высокой эффективностью: повторная переработка отработанного масла с использованием его уникального химического состава при синтезе смазочных масел [39].

В итоге моторные масла, которые являются отработанными, могут в дальнейшем подвергнуться лишь двум путям применения: на технологические нужды и использование их в качестве материала для топливных нужд.

К примеру, применение отработанных нефтепродуктов на технологические нужды, может быть только для смазывания форм в процессе формовки изделий из железобетона на предприятиях, которые занимаются выпуском продукции из железобетона. Тут стоит отметить, что такое применение требует незначительных объемов отработанного масла, при этом их сбор превышает необходимое количество. В данном направлении возможно использование отработанных масел, составляющих группу ММО и СНО, поскольку целевое применение возможно для отработанных и товарных промышленных масел [28].

При этом отработанные масла, которые входят в группу ММО и СНО, в единственном практическом варианте могут быть использованы по пути термического сжигания. Но данный способ не является безопасным для природных экосистем, т.к. отсутствие очистки перед самим процессом непосредственного сжигания способствует выделению серной кислоты и золы мелкой фракции, которые наносят вред не только природным экосистемам, но и человеку. В среднем 100 тонн масла, которое было сожжено, приводит к выделению 500 кг серной кислоты и 400 кг золы [7].

В мировой промышленности утилизация отработанных моторных масел идет по пути сжигания их в качестве топлива. Перед таким сжиганием отработанное моторное масло подвергают обязательной очистке от золы и сернокислотных компонентов, особенно в пределах городских застроек. При этом сжигание их без предварительной очистки разрешено только в малонаселенных регионах. Технология процесса превращения отработанного масла в полноценное топливо должно обязательно сопровождаться процессами обеззоливания и пиролиза [17].

В основе технологии обеззоливания лежит процесс использования слабоконцентрированной серной кислоты. Подогрев масла до 50-80 °С сопровождается процессом смешения с раствором серной кислоты в соотношении 10:1. Применяемым для этого оборудованием является реактор, материал исполнения которого является коррозионностойким [61].

На дальнейшем этапе данного процесса происходит отстаивание смеси в определенный период времени, с истечением которого происходит разделение смеси на два слоя. Нижний слой представлен водой, кислотой, которая не была задействована в реакции, высокозольный нефтешлам. Этот слой сливается с целью проведения реакции нейтрализации при вступлении в реакцию с щелочными растворами, и утилизируется [27].

Верхний слой на дальнейшем этапе промывается щелочным раствором, осушивается и являет собой котельное топливо товарного качества, которое получено из отработанного моторного масла. С данным котельным топливом, как и мазутом, можно проводить термическую обработку. «Применение технологии позволяет добиться выхода 90-95% от массы исходного сырья, прошедшего осушку. В данном процессе расход серной кислоты представлен в количестве 0,5-1% от сырья, которое является исходным. Расход серной кислоты находится в тесной зависимости от того, какая зольность присутствует в исходном сырье» [26].

В основе технологии пиролиза отработанного моторного масла лежит такое свойство высокомолекулярных нефтепродуктов, как возможность разлагаться [16].

Технология пиролиза отработанных моторных масел опирается на свойства высокомолекулярных нефтепродуктов при повышенных температурах разлагаться до органических соединений с меньшей молекулярной массой, а значит вязкостью и низкой температурой вспышки. Данную технологию применяют для переработки отработанных моторных масел в дизельное или печной топливо. Технология пиролиза занимает в среднем за цикл 85 часов, в течение которых происходит повышение температуры от 400 до 700 °С [25].

Отработанное моторное масло представляет собой опасные отходы, которые обычно сжигаются без контроля загрязнения воздуха. Обогащение отработанного моторного масла с помощью кислотной обработки практически невозможно, поскольку в результате этого процесса образуется осадок. «Процесс пиролиза - это экологически чистый процесс превращения отработанного моторного масла в жидкое топливо. По одному из методов высушенное и отфильтрованное отработанное моторное масло подвергали каталитическому (Al_2O_3 и SiO_2) пиролизу и превращает в бензин и дизельное топливо» [31].

Процесс пиролиза проводят в реакторе периодического действия при температуре 400-600 °С. Условия процесса контролируются с помощью температурного регулятора. Оптимальными условиями процесса являются скорость нагрева 10 °С/мин⁻¹ и температура 530-600°С. С помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR) было подтверждено присутствие бензиновой и дизельной фракций в пиролизном масле.

Данное термическое воздействие позволяет добиться выхода в 90% товарного печного топлива, 4% воды, 4% нефтяного кокса и 2% углеводородных газов. Данные углеводородные газы и порядка 4% печного

топлива расходуется на нагрев печной установки, при этом кокс может быть топливом для печных систем, работающих на угле. Наглядно данные по продуктам пиролиза представлены на рисунке 2.

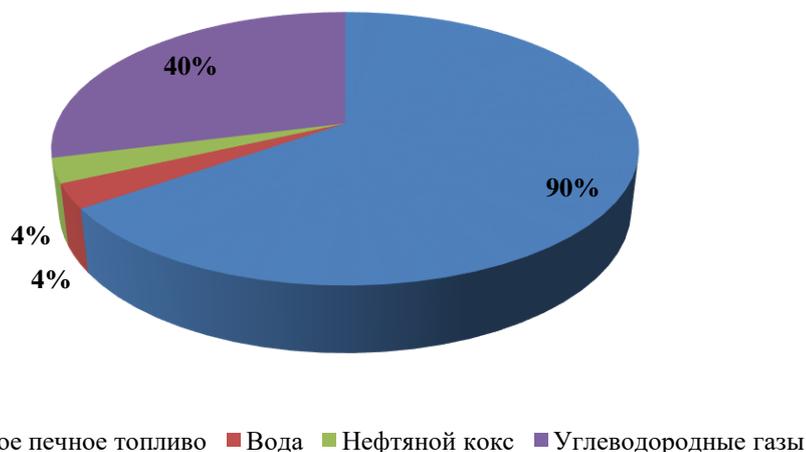


Рисунок 2 – Продукты пиролиза отработанного моторного масла, %

Сегодня наибольшая доля потребляемых смазочных материалов приходится на масла на нефтяной основе. Тенденция роста этого продукта требует новых и усовершенствованных существующих методов сбора, обработки и регенерации.

Одним из наиболее экономичных способов обращения с нефтяными ресурсами является регенерация отработанного масла непосредственно на месте. Поскольку старение масла оказывает большое влияние на срок службы смазочного масла. Также следует уделять больше внимания различным посторонним примесям, которые накапливаются в масле и значительно ухудшают его качество. Простые методы механической очистки могут решить эту проблему и сосредоточиться на повторном использовании смазочных масел по их прямому назначению. В большей степени, это относится к трансформаторным, турбинным, промышленным и гидравлическим маслам, и в меньшей – к моторным. Хотя последние уверенно лидируют по объемам производства [4].

Чистое решение для регенерации отработанного масла – дистилляция с использованием катализаторной технологии.

Технология дистилляции с катализатором – это гибридная конструкция, которая использует динамику одновременной реакции и разделения в одном технологическом блоке для достижения более компактного, экономичного, эффективного и оптимизированного процесса по сравнению с традиционными многоагрегатными конструкциями. Новая технология дистилляции позволяет отделять различные фракции отработанного масла путем регулирования температуры. А затем использовать катализаторы для расщепления и поглощения тяжелой фракции, таким образом, для осветления масла. В этом процессе дистилляции мы используем катализаторы вместо химикатов, которые не загрязняют окружающую среду химическими веществами [9].

Преимущества технологии дистилляции с катализатором:

- защита окружающей среды. В этой технологии дистилляции для переработки отработанного масла в дизельное топливо используются катализаторы вместо химикатов, что не приводит к химическому загрязнению окружающей среды;

- площадь занимаемого участка низкая. В этой дистилляционной машине каталитическая колонна установлена непосредственно на верхней части дистилляционного реактора, поэтому для каталитической колонны не требуется дополнительного места, поэтому площадь занимаемого участка намного меньше, чем в традиционной конструкции;

- простота в эксплуатации. Для дистилляционной машины катализаторы помещаются в каталитическую колонну перед началом первого процесса, и катализаторы могут использоваться в течение 3 месяцев без замены. Вместо того, чтобы использовать химикаты в каждом процессе, конструкция дистилляции катализатора может сэкономить много трудозатрат и значительно упростить эксплуатацию;

– высокая выгода. В результате процесса дистилляции конечным продуктом будут дизельное топливо и асфальт, которые можно напрямую продавать на рынке и немедленно получать прибыль.

Дизельное топливо, получаемое на дистилляционной установке, имеет много важных применений в жизни. Например, его можно использовать в тракторе, корабле, грузовике, котельной и т.д. [42].

Еще два процесса регенерации отработанных масел включают в себя технологию тонкопленочного испарения. Тонкопленочное испарение - весьма перспективный процесс вторичной переработки отработанных моторных масел. Аппаратное решение тонкопленочного испарения возможно многими способами, при которых общим является распределение сырья тонким слоем на большой поверхности, подогреваемой высокотемпературным теплоносителем.

Тонкопленочный испаритель с перемешиванием состоит из двух основных узлов: цилиндрического нагреваемого корпуса и ротора [10].

Продукт подается над зоной нагрева и равномерно распределяется ротором по внутренней поверхности испарителя. Когда продукт по спирали стекает по стенке, высокая скорость вращения наконечника ротора создает сильно турбулентный поток, приводящий к образованию изогнутых волн и создающий оптимальные условия для теплового потока и массообмена.

Летучие компоненты быстро испаряются благодаря кондуктивной теплопередаче. Пары проходят через устройство либо противотоком, либо совместно с потоком, в зависимости от требований применения. В обоих случаях пары готовы к конденсации или последующей обработке (т.е. фракционированию) после выхода из секции выпуска пара [15].

Энергонезависимые компоненты выводятся на выходе. Непрерывное перемешивание лопастями ротора сводит к минимуму загрязнение тепловой стенки, где продукт или осадок наиболее концентрированы.

Тонкопленочное испарение сочетает в себе следующее для обработки процессов, чувствительных к нагреванию, вязкости и засорения:

- чрезвычайно короткое время пребывания;
- эффективная теплопередача;
- высокая турбулентность;
- быстрое обновление поверхности [63].

Технология тонкопленочного испарения позволяет эффективно отделять масляные фракции от загрязнений и продуктов деструкции присадок. Этот процесс можно проводить как в отдельном аппарате, так и в ряде последовательно соединенных испарителей с получением нескольких масляных фракций. Преимуществом технологии тонкопленочного испарения является возможность применения на действующих установках и заводах взамен или наряду с вакуумной перегонкой, что обеспечивает предотвращение закоксовывания и загрязнения в большинстве традиционно используемых фракционных колонн. Преимуществом является также простота в управлении по сравнению с фракционными колоннами. Принципиальный недостаток тонкопленочного испарения – потребность нескольких аппаратов для получения нескольких масляных фракций, так как капитальные и эксплуатационные затраты при этом могут стать чрезмерно высокими.

Все упомянутые процессы регенерации отработанных масел обеспечивают примерно одинаковый уровень качества получаемых масляных фракций [58].

Современные методы очистки и регенерации отработанного масла можно разделить на: физические, химические и физико-химические методы обработки. На сегодняшний день наиболее часто используются физические методы, которые включают отстаивание, фильтрацию, центрифугирование и вакуумную сушку. Физико-химические методы являются более сложными, поэтому они используются только в случае сильного загрязнения или интенсивного старения масла [56].

Для обеспечения наилучшего результата очистки загрязненного масла его сбор должен осуществляться отдельно по сортам. Это позволяет сократить потенциальные отходы и получить в результате продукт высокого качества.

Ежегодно в мире собирается около 15 миллионов тонн отработанных масел, при этом 70-90% этого сырья используется в качестве топлива. Во многих странах до сих пор нет централизованного сбора и утилизации, поэтому приведенные данные, являются приблизительными [5].

Среди наиболее часто используемых способов утилизации отработанных масел следующие:

- переработка или очистка от отдельных загрязнений для получения котельного топлива;
- вторичная переработка для получения основных компонентов;
- отдельная регенерация для получения продукта, пригодного для использования по назначению.

Возможность использования отработанного масла в качестве топлива была замечена из-за его высокой теплотворной способности. Например, теплота сгорания отработанного моторного масла составляет 45 МДж / кг, что выше теплоты сгорания мазута (40–42 МДж / кг).

Но сжигание отработанного масла в качестве топлива имеет определенные ограничения, которые связаны с экологическими проблемами. Эти проблемы не являются критическими, но требуют дополнительных затрат, что делает отработанные масла менее используемыми в качестве топлива, чем очищенный из нефтепродуктов мазут [57].

В частности, использование отработанного масла в качестве «энергонапителя» требует специальных помещений для хранения и смешивания отработанных масел, это также требует модификации существующих печей и специальных фильтров для решения проблемы возможного отложения. Печи и котлы требуют частой чистки и имеют пониженную тепловую эффективность. Кроме того, сжигание отработанного масла может привести к выбросу вредных веществ в атмосферу, что требует особого контроля [23].

Например, в США существуют хорошо протестированные технологии, которые дистиллируют воду и фракции легкого топлива из отработанного

масла с помощью нескольких методов регенерации. Конечный продукт, несмотря на низкое содержание золы, является высококачественным котельным топливом.

Биоразложение – это расщепление химического вещества организмами, которое далее подразделяется на два различных уровня: «первичная биоразлагаемость» и «конечная биоразлагаемость». Первичное биоразложение достигается, когда потеря одной или более активных групп делает молекулу неактивной в отношении определенной функции. Конечная биодegradация – это полное разложение до CO_2 , H_2O и минеральных солей (PO_4 , SO_4 , NO_3 и т.д.), и поэтому ее называют минерализацией [12].

Углеводородные соединения, такие как поверхностно-активные вещества, которые демонстрируют очевидную растворимость в воде, разлагаются биологическими механизмами, использующими эти соединения в качестве источника энергии, поэтому они удаляются из окружающей среды.

Рассматривая природные системы, микробы, такие как бактерии, грибки и т.д., производят эмульгаторы, которые делают нерастворимые материалы доступными для разложения [59].

Обзор литературы показывает, что масло действительно разлагается, и добавление необходимых питательных веществ, таких как PO_4 , SO_4 , NO_3 и т.д., может ускорить процесс разложения местными микроорганизмами за короткое время и при низкой температуре [52].

Кроме того, углеводородное масло разлагается в аэробных условиях, хотя и медленно. Ухудшение качества смазочного масла в окружающей среде не так легко продемонстрировать из-за его сложной углеводородной природы. Важно отметить, что «гидрофобная природа масла замедляет скорость биоразложения. Способность отработанного масла к биологическому разложению является областью, требующей дальнейшей оценки» [44].

По разным оценкам, только около трети использованного смазочного масла собирается для вторичной переработки, и только 27% собранных объемов направляется на переработку обратно в базовое масло.

Предполагается, что оставшееся отработанное смазочное масло неоптимально используется в качестве топлива в печах или просто сжигается [30].

Во всем мире переработка отработанного масла в базовое является предпочтительной тенденцией из-за экологических преимуществ, которые включают сокращение загрязняющих веществ на суше и в море, снижение выбросов CO₂ (до 50%) и экономию первичных природных ресурсов за счет улучшенной циркуляции отработанного масла [40]. Несмотря на преимущества процесса повторной переработки, основные проблемы, ограничивающие его рост в развивающихся странах, включают:

- недостаточные постоянные поставки отработанного масла в качестве сырья на предприятия по повторной переработке;
- отсутствие надлежащего нормативного регулирования для безопасной утилизации отработанного масла; в противном случае это руководство направляло бы, поощряло и улучшало методы сбора, связанные с улучшенной циркуляцией базового масла [43];
- недостаточная осведомленность об окружающей среде, влияющая на экологическую экосистему из-за неучтенных объемов использованных масел;
- отсутствуют национальные стандартные спецификации и рекомендации по производству и использованию повторно очищенных базовых масел;
- отсутствие крупных предприятий, желающих использовать повторно очищенное базовое масло, и отсутствие требований к использованию минимального объема;
- возможно, экономическая неосуществимость из-за необходимых капитальных вложений для новых установок и отсутствия стимулов со стороны регулирующих органов, поддерживающих сборщиков малого и среднего размера [13].

Таким образом, основные трудности переработки заключаются в сборе использованных продуктов. Если все требования соблюдены на этапе сбора,

то очистка отработанного масла осуществляется путем адсорбции, гидроочистки, ультрафильтрации, выпаривания, экстракции и очистки серной кислотой.

Сегодня большая часть отработанного масла перерабатывается с помощью обработки серной кислотой. Если конечной целью переработки отработанного масла является получение масляных фракций, регенерация обеспечивает полное восстановление свойств отработанного масла до его первоначальных значений. Вполне логично, что регенерированное масло можно использовать и дальше по назначению.

Преимущества регенерации очевидны: нет необходимости тратить деньги на приобретение нового масла для замены и решаются экологические проблемы, связанные с вредными выбросами [64].

2 Совершенствование технологии утилизации отработанных масел в АО «УПНП и КРС»

2.1 Краткая характеристика предприятия

Акционерное Общество «Управление по повышению нефтеотдачи пластов и капитальному ремонту скважин» (АО «УПНП и КРС»), расположенный в г. Самара, является крупным независимым сервисным предприятием, которое представляет российскую нефтяную отрасль. Деятельностью предприятия является выполнение значительного количества работ, связанных с бурением и ремонтными работами как со скважинами для добычи нефти, так и с газовыми скважинами и соответствующим оборудованием [76].

Начало деятельности предприятия датируется 1985 годом. На первых этапах своей деятельности предприятие проводило экспедиционные работы, связанные с ремонтными работами, при разработке новых месторождений на территории Западной Сибири. Сегодня предприятие представляет собой сервисное предприятие в нефтяном секторе экономики, оказывающее широкий спектр услуг. Но специализацией предприятия является выполнение высокотехнологичных работ, которые необходимо выполнить при капитальных скважинных ремонтах, бурении боковых стволов, бурении скважин как разведочного характера, так и эксплуатационных, выполнению работ по повышению нефтеотдачи пластов [37].

Сегодня предприятие по праву считается одним из занимающих первые позиции по выполнению работ по забурированию вторых стволов скважин. Предприятием осуществлено более 5000 таких забуриваний. А также по скважинному ремонту капитального характера. В этой сфере было проведено более 27000 работ по ремонту, которые имели положительный высокий результат.

Если оценивать экономические показатели работы предприятия, то в 2022 году среднее число бригад, которые участвовали в проведении работ, составило 92. Из данного количества, 35 бригад были заняты на забурировании боковых стволов, 43 бригады осуществляли скважинный капитальный ремонт, 12 бригад проводили подготовку и дальнейшее освоение скважин, 2 бригады занимались основным скважинным бурением. Данные представлены на рисунке 3 [78].

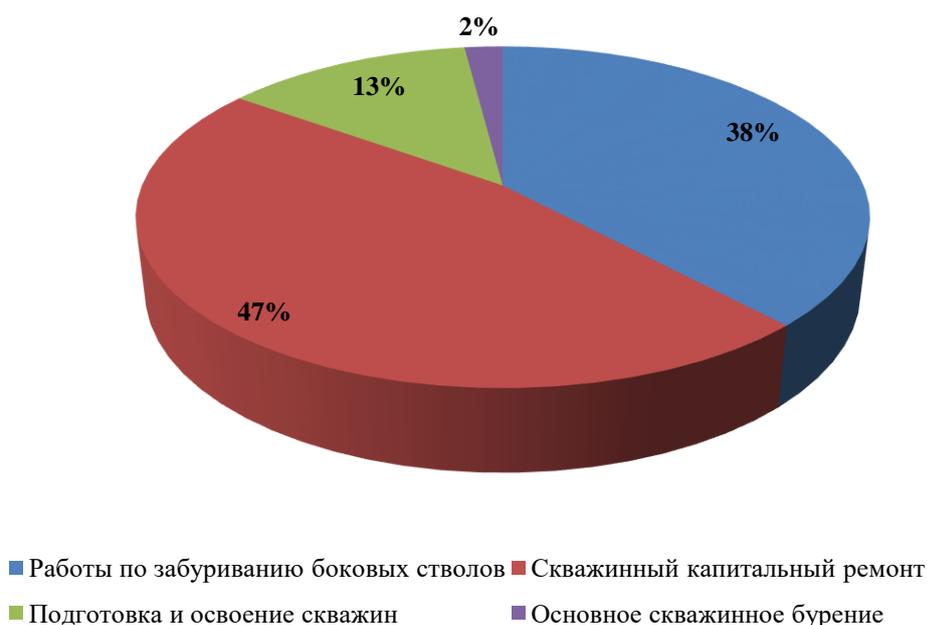


Рисунок 3 – Среднее количество бригад, занятых на предприятии в 2022 году, %

К предприятиям, которые сотрудничают с АО «УПНП и КРС», относятся: ПАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Газпром нефть», ПАО «НК Роснефть» и ПАО «ЯТЭК».

На сегодняшний день на предприятии трудится свыше 4100 сотрудников. Задачи разной степени сложности, возлагаемые в процессе работы на АО «УПНП и КРС» могут быть решены при участии высококвалифицированных кадров предприятия.

Компания обладает огромным техническим потенциалом. Одним из преимуществ компании является наличие собственных производственных и

транспортных баз, которые размещаются недалеко от мест, где компания производит необходимые работы [80].

Каждая база имеет необходимое оснащение для того, чтобы выполнять свою работу по ремонту и бурению в постоянном режиме. Территориально предприятие имеет возможность выполнять свои работы на территории ХМАО, ЯНАО, Иркутской области, Красноярского края, Якутии, Самарской области.

АО «УПНП и КРС» имеет необходимое оборудование для проведения полного обслуживания, как инженерного, так и технического характера. Для этого предприятие обладает собственными базами производственного обслуживания, которое позволяет проводить высокоэффективный ремонт скважин и оборудования.

Предприятие обладает автотехническим парком, в котором имеется 650 штук как автомобилей, так и специализированной техники. Предприятие заботится о своевременном обновлении автопарка и замене устаревшего оборудования. Спецтехника позволяет проводить широкий спектр ремонтных работ, выполнение транспортных операций, а также операций технологического и технического характера, что позволяет предприятию проводить широкий спектр работ на обслуживаемых объектах [73].

В целом, в год на предприятии образуется 5364,5 кг отработанного масла. У предприятия не имеется собственных технологий и оборудования для утилизации отработанного масла, а заключен договор с ООО «Роса-1» на передачу и дальнейшее захоронение данного вида отхода после накопления в специально отведенных для этого местах предприятием объема (раз в квартал) [79]. Но при этом на предприятии возникает необходимость утилизации отработанного моторного масла с целью сохранения экологического благополучия в регионе.

2.2 Экспериментальные исследования качественного состава отработанного масла

Исследование в рамках данной выпускной квалификационной работы технологии для утилизации масла отработанного на предприятии АО «УПНП и КРС» показало ее необходимость, поскольку масло моторное отработанное предприятие сдает для дальнейшей утилизации (захоронения) на полигон, что способствует размыканию жизненного цикла масла отработанного, и увеличивает антропогенную нагрузку на почвенные экосистемы и, как следствие, дальнейшую их миграцию в водные системы.

Для того, чтобы определить компонентный состав масла отработанного, которое хранится на территории предприятия, был выполнен физико-химический анализ на ряд показателей: вязкость, содержание воды, массовую долю механических примесей и массовую долю нефтепродуктов [47].

Определение вязкости проводили по ГОСТ 26378.3-2015. Измеряли фактическую температуру пробы термометром. На дальнейшем этапе применяли вискозиметр так, чтобы один из пальцев закрывал нижнее отверстие сопла.

Пробу фильтровали через фильтр беззольный. Отфильтрованную пробу помещали в резервуар вискозиметра до верхнего края (до начала переливания в кольцевой желобок). Открывают сопло вискозиметра и одновременно с появлением жидкости из сопла включают секундомер [74].

Останавливают секундомер в момент первого появления прерывающейся струи нефтепродукта. Записывают время истечения нефтепродукта с погрешностью не более 0,2 с. Время истечения определяют два раза [48].

За результат испытания на вискозиметре ВЗ-246 при температуре t принимали условную вязкость V , с, вычисленную по формуле (1):

$$B = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (1)$$

где t_1, t_2 – измеренное время, сек.

$$B = \frac{42 + 42}{2} = 42$$

Определение плотности проводили ареометром для нефти путем погружения. Измеренной значение пробы составляло 0,908 г/см³.

На дальнейшем этапе проводили определение механических примесей согласно ГОСТ 6370 – 83.

Для определения механических примесей отобранную пробу моторного масла. Суть метода состоит в том, что при фильтровании пробы нефтепродуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в бензине, дальнейшем промыванием осадка на фильтре растворителем с дальнейшим высушиванием осадка с фильтром и взвешиванием [49].

Отобранную пробу масла ($m=50,22$ г) перемешивали путем встряхивания в течение 5 минут, далее проводили нагревание до температуры 40-60 °С. Далее проводили фильтрование через бумажный фильтр, промывая фильтр предварительно подогретым толуолом, объем которого был взят 250 мл. Фильтр далее подвергали сушке при температуре (105 ± 2) °С в течение 45 минут в предварительно нагретом до постоянной температуры сушильном шкафу. Далее по истечению времени фильтр доставали и охлаждали в эксикаторе в течение 30 минут и взвешивали с погрешностью не более 0,002 г. Повторные высушивания фильтра проводили в течение 30 минут [75].

Далее проводили расчет содержания механических примесей по формуле (2):

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_3} \cdot 100\% \quad (2)$$

где m_1 – масса стаканчика для взвешивания с бумажным фильтром и механическими примесями, г;

m_2 – масса стаканчика для взвешивания с чистым подготовленным бумажным фильтром, г;

m_3 – масса пробы, г.

Подставляя полученные в ходе проведения анализа данные, получаем:

$$X = \frac{61,66 - 61,16}{50,22} \cdot 100\% = 0,99\%$$

Испытательный аппарат МХП-ПХП используемый для определения механических примесей по ГОСТ 6370 в нефти, нефтепродуктах и присадках представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Испытательный аппарат МХП-ПХП

Комплектация прибора МХП-ПХП:

- водная нагревательная ванна (1 компл.);
- блок фильтрации и измерения с насосом (1 компл.);
- термочувствительный датчик (1 шт.);
- колбы Бунзена (2 шт.);
- воронки фильтровальные (2 шт.);

- штатив лабораторный (2 компл.);
- крепление вспомогательного нагревателя (1 шт.);
- вспомогательный нагреватель (1 компл.);
- термометр ТЛ-2 исп. 2 (0...100/1,0) (1 шт.);
- градуированные стаканы 1000 мл (2 шт.).

Определение массовой доли воды проводили согласно ГОСТ 2477-2014.

Для этого объем масла 100 см³ перемешивали встряхиванием в течение 5 минут с предварительным нагревом до 40°С-50°С. Обмеривание проводили с помощью цилиндра, со стенок пробы масел смывали толуолом в объеме 50 мл однократно и два раза порциями растворителя по 25 мл. Перешивали смесь до тщательного гомогенного состава.

Собирали аппарат, обеспечивая герметичность всех соединений. Вместимость дистилляционного сосуда и приемника-ловушки выбирали в зависимости от предполагаемого содержания воды в испытуемом продукте. Трубка холодильника и ловушка должны быть чистыми и сухими. Верхний конец холодильника закрывают неплотным ватным тампоном для предотвращения конденсации атмосферной влаги внутри трубки холодильника. Включали приток холодной воды в кожух холодильника [54].

При испытании масла отработанного содержимое колбы доводили до кипения и затем нагревали так, чтобы скорость конденсации дистиллята в приемник была от 2 до 5 капель в секунду. Если при дистилляции происходило неустойчивое каплеобразование, увеличивали скорость дистилляции или останавливали на несколько минут приток охлаждающей воды в холодильник.

Перегонку нефтепродукта завершали после прекращения увеличения объема воды в приемнике-ловушке и получения абсолютно прозрачного верхнего слоя растворителя. Время перегонки должно быть не менее 30 мин и не более 60 мин [41].

В начале перегонки образец нефти нагревали медленно для исключения пульсирующего кипения и возможной потери воды из системы. Дистиллят должен поступать в ловушку со скоростью 2-5 капель в секунду. Перегонку

нефти завершали, когда объем воды в ловушке не увеличивался и верхний слой растворителя в ловушке было совершенно прозрачным. Время перегонки должно быть не менее 30 мин и не более 60 мин [53].

После охлаждения колбы, растворителя и воды в приемнике-ловушке до температуры окружающей среды разбирали аппарат и перемещали стеклянной палочкой или проволокой капельки воды со стенок приемника-ловушки. Записывали объем воды в ловушке с точностью до ближайшего верхнего деления шкалы используемой ловушки [22].

Массовую долю воды в отработанном масле определяли по формуле (3):

$$X = \frac{V_0}{V} \cdot 100\% \quad (3)$$

где V – объем образца, см³;

V_0 – объем воды в приемнике-ловушке, см³.

Подставляем полученные данные в формулу:

$$X = \frac{2}{100} \cdot 100\% = 2\%$$

Прибор для определения содержания воды в нефтепродуктах предназначенный для применения в качестве лабораторного оборудования при определении содержания воды в нефтепродуктах по ГОСТ 2477-2014 представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Прибор для определения содержания воды в нефтепродуктах

Комплектация прибора для определения содержания воды в нефтепродуктах:

- электрический колбагреватель – 1 шт;
- дистилляционная колба – 1 шт;
- приемник-ловушка – 1 шт;
- обратный холодильник типа ХПТ – 1 шт;
- цилиндр измерительный 100 мл исп. №1 - 1 шт.

Температуру вспышки определяли согласно ГОСТ 4333-2014.

Перемешивали пробы вручную, аккуратно встряхивая перед отбором аликвоты образца для испытания [50].

Заполняли тигель при температуре окружающей среды или повышенной температуре таким образом, чтобы верх мениска точно совпадал с меткой на тигле. При заполнении тигля выше метки избыток нефтепродукта удаляли пипеткой. Следует избегать попадания нефтепродукта на наружную поверхность тигля. При попадании нефтепродукта на наружную поверхность тигля удаляли из тигля продукт, очищали и повторно заполняли тигель. Удаляли пузырьки воздуха или пену с поверхности образца, поддерживая необходимый объем испытательного образца в тигле [5].

Зажигали испытательное пламя и регулировали его таким образом, чтобы диаметр пламени был 3,2-4,8 мм.

В начале испытания образец нагревали со скоростью 14°С/мин-17°С/мин. Когда образец достигал температуры примерно на 56 °С ниже предполагаемой температуры вспышки, скорость нагрева уменьшали так, чтобы она при достижении температуры, которая на (23±5) °С ниже предполагаемой температуры вспышки, составляла 5°С/мин - 6°С/мин. При проведении испытания принимали необходимые меры для предотвращения движения воздуха около тигля.

Начиная с температуры не менее чем на (23±5) °С ниже предполагаемой температуры вспышки каждый раз при повышении температуры образца на 2°С применяли зажигательное устройство. Плавным, непрерывным движением в течение примерно 1 с проводили пламенем по прямой линии или дуге радиусом не менее 150 мм в одном направлении через центр тигля перпендикулярно диаметру, который проходит через термометр. Центр пламени должен был перемещаться в горизонтальной плоскости на расстоянии не более 2 мм выше верхнего края.

При последующем применении источника зажигания пламя перемещали в обратном направлении [51].

За температуру вспышки принимали показываемую термометром температуру, при которой применение источника зажигания вызывает воспламенение паров образца и распространение пламени по поверхности жидкости. За истинную вспышку не следует принимать голубоватый венец вокруг пламени зажигательного устройства.

Определенная температура вспышки составила 102 °С.

Полученные результаты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические результаты исследования проб отработанного масла

Показатель	Единица измерения	Результат
Вязкость	сек	42
Плотность	г/см ³	0,908
Механические примеси	%	0,99
Массовая доля воды	%	2
Температура вспышки	°С	102

По методикам, указанным выше, также были проведены физико-химические исследования состава топливной смеси, которая была получена после усовершенствования установки. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические результаты исследования проб на содержание воды и механических примесей масляно-топливной смеси

Показатель	Единица измерения	Результат
Механические примеси	%	0
Массовая доля воды	%	0

По физико-химическим показателям, проба отработанного масла с предприятия была нами отнесена к группе ММО – масла моторные отработанные.

Также проводили биотестирование, чтобы определить токсичность образцов и определить класс опасности проб отработанного моторного масла, которые были отобраны на предприятии АО «УПНП и КРС».

Брали навеску пробы масла объемом 100 мл. В нее добавляли 400 мл горячей дистиллированной воды и проводили перемешивание до однородности состава.

Далее фильтровали полученный раствор через бумажный фильтр. Полученный раствор имеет рН равный 7,9.

Из данного объема пробу 100 мл переносили в стакан емкостью 200 мл. На 4 стакана такого же объема распределили по 180 мл культивационной воды.

Провели разведение следующим образом: в первый поместили 20 мл водного экстракта, из первого во второй перенесли 20 мл и т.д.

Далее с разбавленной тестируемой водой в отдельные стаканы внесли 180 мл исходной вытяжки для тестирования и 180 мл контрольной (культивационной) воды.

В итоге у нас получилось 6 вариантов проб, каждая из которых составила 180 мл:

- исходная водная вытяжка пробы отработанного масла;
- вытяжка, разбавленная в 10 раз – 10%;
- вытяжка, разбавленная в 100 раз – 1%;
- вытяжка, разбавленная в 1000 раз – 0,1%;
- вытяжка, разбавленная в 10000 раз – 0,01%;
- контрольная вода.

Данные образцы поместили во флаконы по 50 мл. В пробах разместили по 10 дафний от 6 до 24 часов жизни. Пробы воды и тест-объекты поместили во вращающуюся кассету устройства для экспонирования рачков УЭР-03.

Учет смертности дафний в опытных и контрольном образцах осуществляли через 24 часа и 48 часов.

Учет смертности дафний в опыте и контроле проводили спустя 24 часа и 48 часов. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты биотестирования образцов отработанного масла

	Первоначальное количество дафний	Через 24 часа	Через 48 часов
0%	10	10	10
	10	10	10
	10	10	10
0,01%	10	10	8
	10	9	7
	10	10	8
0,1%	10	9	7
	10	9	8
	10	9	6

Продолжение таблицы 3

	Первоначальное количество дафний	Через 24 часа	Через 48 часов
1%	10	8	6
	10	7	6
	10	8	7
10%	10	7	6
	10	7	6
	10	6	4
100%	10	4	0
	10	5	0
	10	5	0

При определении острой токсичности отработанного моторного масла устанавливали:

– (ЛКР₅₀₋₄₈) – среднюю летальную кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающую гибель 50% тест-объектов за 48-часовую экспозицию;

– (БКР₁₀₋₄₈) – безвредную кратность разбавления вод, водных вытяжек, вызывающую гибель не более 10% тест-объектов за 48-часовую экспозицию.

Для определения острой токсичности рассчитали процент погибших в тестируемой воде дафний (А, %) по сравнению с контролем по формуле (4):

$$A = \frac{X_k - X_T}{X_k} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где X_k – количество выживших дафний в контроле (среднее значение из трех параллельных определений);

X_T – количество выживших дафний в тестируемой воде (среднее значение из трех параллельных определений).

$$A_1 = \frac{10 - 8}{10} \cdot 100\% = 20\%$$

$$A_2 = \frac{10 - 7}{10} \cdot 100\% = 30\%$$

$$A_3 = \frac{10 - 6}{10} \cdot 100\% = 40\%$$

Определим летальную кратность разбавления:

$$A_4 = \frac{10 - 5}{10} \cdot 100\% = 50\%$$

$$A_4 = \frac{10 - 0}{10} \cdot 100\% = 50\%$$

Далее определим величину БКР₁₀₋₄₈ по формуле (5):

$$\text{БКР}_{10-48} = 10^{\frac{(\lg P_6 - \lg P_M)(A_M - 0,1)}{A_M - A_6}} + \lg P_M, \quad (5)$$

где P_6 – величина разбавления (наибольшая), при которой процент погибших дафний в тестируемой воде был ниже 50%;

P_M – величина разбавления (наименьшая), при которой процент погибших дафний в тестируемой воде был выше 50 %;

A_M и A_6 – величины A , соответствующие этим разбавлениям, выраженных в долях единицы.

$$\text{БКР}_{10-48} = 10^{\frac{(\lg 10000 - \lg 1000)(0,3 - 0,1)}{0,3 - 0,2}} + \lg 1000 = 100000$$

Отсюда, разбавление пробы в 100000 раз делает отработанные масла безвредными.

Другим объектом для биотестирования служит зеленая водоросль – хлорелла. Разбавление и приготовление пробы осуществляли согласно описанной по методике для дафний. Хлореллу готовили следующим образом: водоросль фильтровали, а затем разводили специальной культивационной

средой Тамия (50%) до определенной оптической плотности, равной $0,125 \pm 0,005$.

Подготовленную культуру вносили по 2 мл в 6 стаканов с 48 мл контрольной и тестируемых проб воды (по 4 флакона на каждый вариант тестируемой воды, включая контрольную пробу). Результаты, полученные при биотестировании с хлореллой, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты биотестирования раствора отработанного масла на хлорелле

Концентрация	Плотность
0%	0,136
	0,141
	0,156
	0,162
0,01%	0,153
	0,151
	0,146
	0,142
0,1%	0,130
	0,168
	0,137
	0,151
1%	0,120
	0,115
	0,125
	0,108
10%	0,096
	0,146
	0,124
	0,094
100%	0,056
	0,035
	0,055
	0,055

Рассчитали относительную (в %) разницу средней величины оптической плотности для каждого разведения по сравнению с контролем (I) по формуле (6):

$$I = \frac{D_k - D_0}{D_k} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где D_k и D_0 – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Подставляем данные:

$$I_1 = \frac{0,1488 - 0,148}{0,1488} \cdot 100\% = 0,54\%$$

$$I_2 = \frac{0,1488 - 0,1465}{0,1488} \cdot 100\% = 1,55\%$$

$$I_3 = \frac{0,1488 - 0,1170}{0,1488} \cdot 100\% = 21,37\%$$

$$I_4 = \frac{0,1488 - 0,1150}{0,1488} \cdot 100\% = 22,72\%$$

$$I_5 = \frac{0,1488 - 0,0503}{0,1488} \cdot 100\% = 66,22\%$$

Далее по формуле рассчитали величину токсичной кратности разбавления:

$$\text{ТКР} = 10^{\frac{(\lg P_6 - \lg P_M)(I_M - 0,1)}{I_M - I_6}} + \lg P_M, \quad (6)$$

Подставляем данные:

$$\text{ТКР} = 10^{\frac{(\lg 1000 - \lg 100)(0,21 - 0,1)}{0,21 - 0,155}} + \lg 100 = 10^{2,18} = 151,36$$

В таблице 5 представлены данные по определению класса опасности при значимых результатах ТКР.

Таблица 5 – Определение класса опасности веществ

Класс опасности	ТКР
1	> 10000
2	От 10000 до 1001
3	От 1000 до 101
4	<100
5	1

Таким образом, исходя из класса опасности, представленного в таблице 3, класс опасности такого отхода, как отработанное моторное масло – 3, что соответствует нормативным значениям.

Код ФККО 40611001313 – Отходы минеральных масел моторных.

3 класс определяет данный вид отходов как умеренно опасные. Данные отходы нарушают экологическое равновесие, но процесс восстановления происходит за более короткий промежуток времени, около 10 лет [81].

В процессе проведения исследования были получены физико-химические результаты исследования отработанного масла и топливно-масляной смеси, опираясь на которые в дальнейшем исследуются методы, которые могут быть использованы в качестве подходящих для утилизации отработанного моторного масла на исследуемом предприятии.

2.3 Физико-химические свойства отработанного масла

Физико-химические показатели, характеризующие качество масла отработанного, которое должно идти на переработку и утилизацию, представлены в таблице 6. Данные определены согласно ГОСТ 21046 – 2015.

Таблица 6 – Сравнение физико-химических показателей, характеризующих качество масла отработанного и полученных результатов

Показатель	Значение по ГОСТ	Значение результатов анализа	Соответствует / не соответствует
Условная вязкость при 20 °С	Свыше 40	42	Соответствует
Температура вспышки, °С, не менее	100	102	Соответствует
Массовая доля механических примесей, %, не более	1	0,99	Соответствует
Массовая доля воды, %, не более	2	2	Соответствует

Результаты, полученные в ходе физико-химического исследования проб отработанного масла, соответствуют требованиям качества, предъявляемые к маслу, отработанному в соответствии с вышеуказанным ГОСТом.

А проведенное биотестирование позволило подтвердить токсичность отработанного моторного масла и подтвердить класс опасности отработанного масла – 3 класс, что необходимо учитывать при выборе и определении технологии, которая будет использована для утилизации отработанного моторного масла, которое применяется на предприятии.

2.4 Анализ патентных технологий по утилизации отработанного масла

Результаты патентного поиска в области утилизации отработанного масла представлены в таблице 7.

Выбор патентов был обусловлен технологией именно утилизации и регенерации, простотой оборудования, возможностью утилизировать масла на месте, экономическим и техническим эффектом.

Полученный продукт должен быть применим и иметь параметры качества, которые близки в нормативным.

Выбранные методы позволяют использовать повторно отработанные масла в технологическом процессе предприятия. Всего в патентном обзоре

существует немного патентов, которые подходят под необходимые параметры утилизации, а именно позволяют проводить утилизацию моторного масла на месте.

Наиболее перспективным для внедрения на предприятии АО «УПНП и КРС» может быть патент RU 2333933 С2: Гаранин Э.М. «Способ утилизации отработанного моторного масла, и установка для его реализации». Это связано с тем, что установка, предлагаемая в ней, не является технически сложной в сочетании с возможностью получения чистого дизельного топлива для дальнейшего использования на предприятии.

Кроме того, предприятие содержит значительное количество спецтехники, поэтому получение дизельного топлива для предприятия является актуальным.

Технический результат, получаемый при реализации предлагаемой модели, заключается в утилизации отработанного моторного масла, при сокращении временных и энергетических затрат.

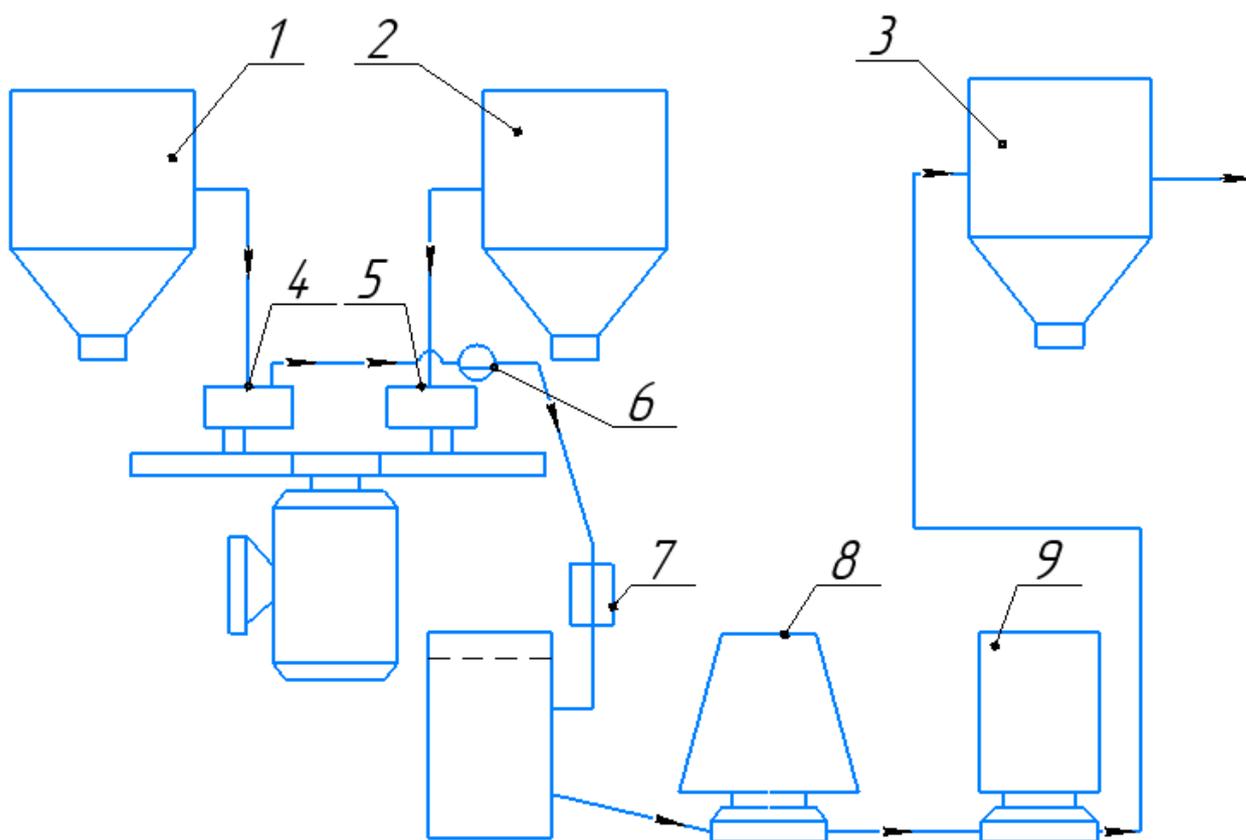
Таблица 7 – Результаты патентного поиска в области утилизации отработанного масла

Номер патента	Наименование патента	Авторы	Патентообладатель
RU 2333933 С2	«Способ утилизации отработанного моторного масла, и установка для его реализации»	Гаранин Э.М.	Закрытое акционерное общество «ТЕСАР-СО»
RU 2243254 С1	«Способ утилизации отработанного моторного масла»	Аксенов А.Н.	-
RU 2241737 С1		Аксенов А.Н.	-

Продолжение таблицы 7

Номер патента	Наименование патента	Авторы	Патентообладатель
U 2773468 C1	«Способ очистки отработанных моторных минеральных масел»	Остриков В.В.	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
RU 2100425 C1	«Способ очистки отработанного масла»	Дмитриева З.Т.	АО «Гарантия»
RU 140817 U1	«Гидроциклон для очистки отработанного масла»	Глущенко А.А.	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина»

Схема предлагаемой установки представлена на рисунке 6.



1 – емкость для отработанного масла, 2 – емкость для дизельного топлива, 3 – емкость для топливно-масляной смеси, 4,5 – насосы, 6 – регулятор расхода жидкости, 7 – смешивающее устройство, 8 – центробежный очиститель грубой очистки, 9 – центробежный очиститель тонкой очистки, 10 – бионакопитель

Рисунок 6 – Схема утилизация отработанного моторного масла согласно патенту [45]

Данная технология позволяет утилизировать отработанные моторные масла более эффективно. Суть ее сводится к тому, чтобы добавлять отработанное моторное масло, которое необходимо утилизировать, в количестве не более 30% добавляется к дизельному топливу.

Утилизация заключается в добавлении отработанного моторного масла к дизельному топливу до центробежной очистки, и центробежная очистка уже проводится для топливно-масляной смеси.

Центробежная очистка производится в две ступени: грубая очистка (частицы свыше 5 мкм) и тонкая (частицы свыше 3 мкм).

Грубая очистка позволяет получить три фракции: тяжелую жидкую, легкую жидкую и твердую.

Соотношение, которое берут для реализации данной технологии, дизельное топливо: отработанное масло – от 100 к 1 до 3 к 1.

Установка имеет узел дозированной подачи отработанного масла в топливо, узел разделения на фракции. Узел разделения на фракции представляет собой центробежный очиститель, позволяющий разделить вводимую смесь на три фракции. Узел разделения на фракции представлен также центробежным очистителем, который технологически соединен с первым, при этом первый технически выполнен с конической вставкой, позволяющей проводить грубую очистку, а второй – с цилиндрической вставкой, позволяющей провести тонкую очистку.

Отработанное масло дозированно подается в дизельное топливо посредством насосов 4 и 5. Далее проводят центробежную очистку для разделения на фракции через 2 стадии. На первой стадии с помощью центробежного очистителя 8 производят грубую очистку через разделение на 2 фракции: тяжелую жидкую и твердую с частицами от 5 мкм, а на второй с применением центробежного очистителя 9 осуществляют тонкую очистку для выделения частиц от 3 мкм. Очищенную смесь можно использовать для заправки автомобилей, работающих на дизельном топливе.

Преимущества:

- стоимость отработанного моторного масла практически становится равной стоимости отработанного моторного масла;
- простота конструкции;
- уменьшение времени, которое затрачено на утилизацию отработанного масла;
- экологическая простота;
- экономическая выгода;
- полученное дизельное топливо по своим характеристикам приближено к товарному;

- смешивание масла и топлива происходит до очистки смеси, что позволяет снизить загрязнения в смеси в 20 раз и добиться результатов качества, предъявляемые к товарному дизельному топливу;

- данная технология позволяет уменьшить вязкость и концентрацию загрязнения очищаемой смеси, повысив качество очистки практически за один технологический цикл.

2.5 Совершенствование технологии утилизации отработанного масла

Предлагается за основу технологии взять рассмотренный выше патент RU 2333933 С2. «Способ утилизации отработанного моторного масла, и установка для его реализации».

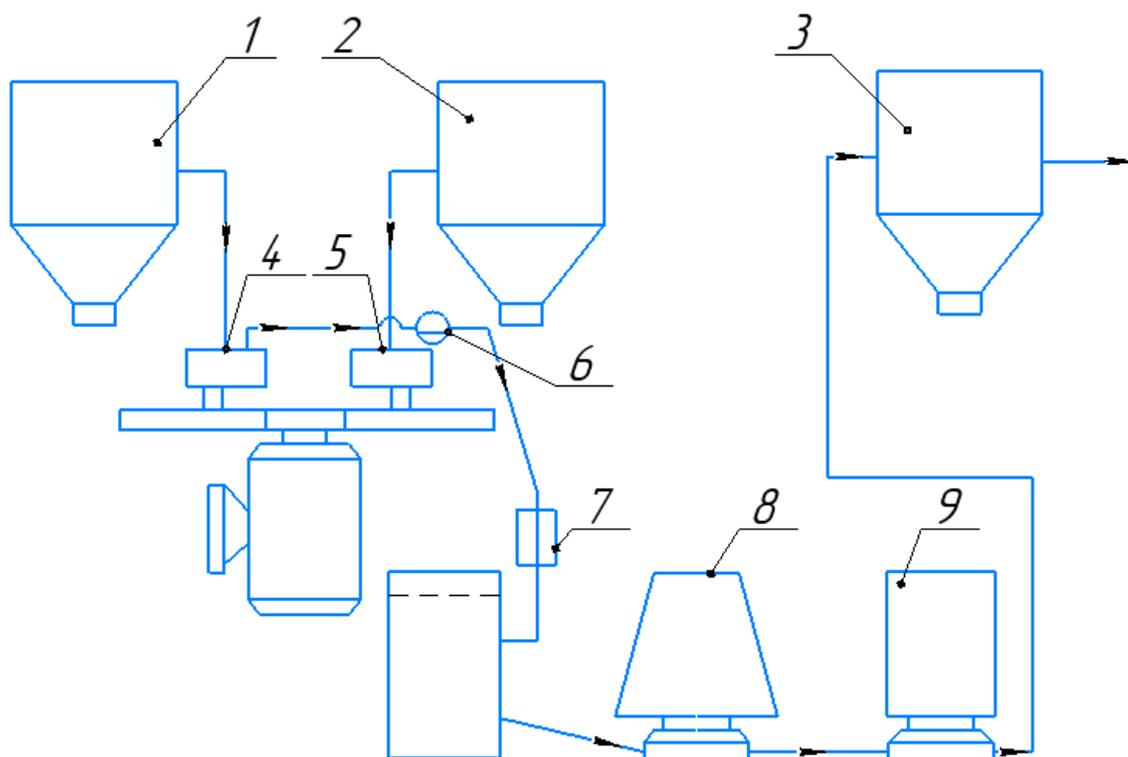
В патенте, который взят за основу, смешение производится в смешивающем устройстве 7. Проведены экспериментальные исследования работы представленной установки в двух вариантах:

- без использования ультразвукового смешения;
- с применением ультразвукового смешивающего устройства [45].

Схема представлена на рисунке 7.

Для реализации процесса утилизации отработанного моторного масла на предприятии предлагается внедрение схемы, представленной в патенте RU 2333933 С2 с использованием ультразвукового смешивающего устройства. Внешний вид устройства представлен на рисунке 8.

Его преимуществом является смешивание в потоке, которое осуществляется за более короткий срок и позволяет добиться более высокой степени гомогенизации.



1 – емкость для отработанного масла, 2 – емкость для дизельного топлива, 3 – емкость для топливно-масляной смеси, 4,5 – насосы, 6 – регулятор расхода жидкости, 7 – ультразвуковое смешивающее устройство, 8 – центрифуга для очистки масла, 9 – накопитель для твердых частиц

Рисунок 7 – Схема утилизация отработанного моторного масла, предлагаемая к внедрению



Рисунок 8 – Ультразвуковое смешивающее устройство, предлагаемое к установке

Но при этом полученную смесь гомогенизируют посредством ультразвука несколько секунд. Перед центробежной очисткой, согласно технологии, происходит воздействие ультразвука с целью получения однородной смеси.

В предложенной схеме смешение потоков происходит в потоке, то есть смесь не смешивается непосредственно в смесители в течение некоторого времени, а смешивается в потоке, не задерживаясь в оборудовании.

Моторное отработанное масло (поток G_1) смешивается с дизельным топливом (поток G_2) в соотношении 1 к 30. Расход регулируется расходомером. Перекачка нефтяных жидкостей происходит посредством насосов. Далее смесь гомогенизируется в УЗ-смесителем в потоке (1-2 сек) и подается на центрифугу для очистки масла, позволяющей вычлнить механические примеси до 3 мкм размером.

Согласно схеме, представленной на рисунке 5, полученную смесь гомогенизируют посредством ультразвука в потоке несколько секунд. Перед очисткой, согласно технологии, происходит воздействие ультразвука с целью получения однородной смеси.

Прошедшая все этапы смесь подается потребителям дизельного топлива.

2.6 Расчет материального баланса технологического процесса

Для расчета материального после модернизации необходимо построить схему потоков.

Данные представлены на рисунке 9.

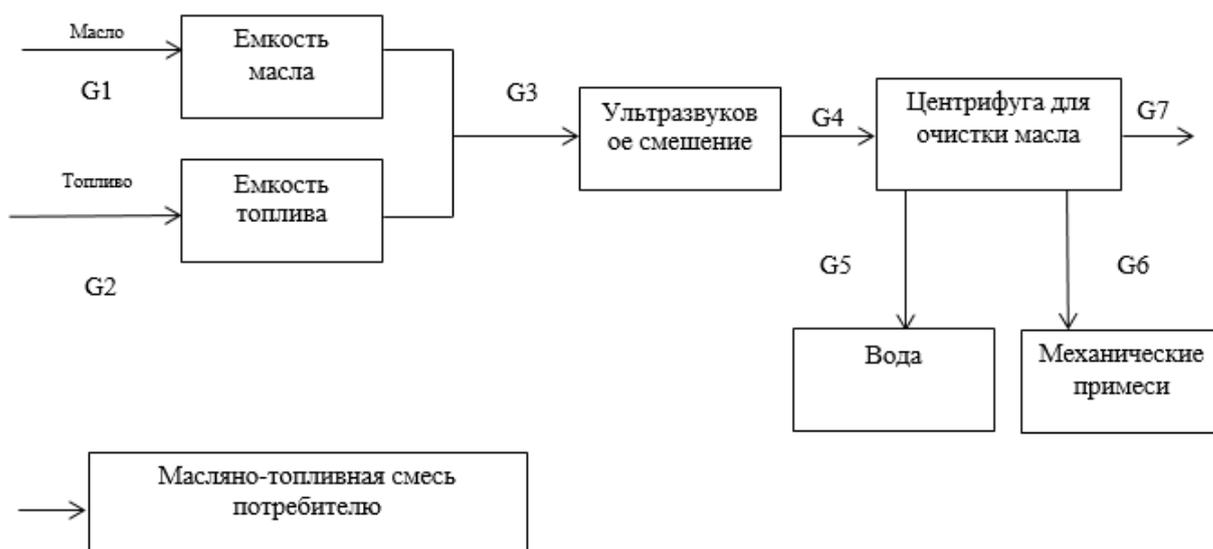


Рисунок 9 – Схема процесса для расчета материального баланса

Где:

- производительность по отработанному маслу $G_1 = 2,6$ кг/ч [по данным патента];
- производительность по дизельному топливу $G_2 = 7,8$ кг/ч [по данным патента];
- массовое содержание механических примесей в отработанном масле $\omega_{м.п.} = 0,99\%$ [данные физико-химического исследования отработанного масла в предыдущей главе];
- массовое содержание воды $\omega_{H_2O} = 2\%$ [данные физико-химического исследования отработанного масла в предыдущей главе];
- массовое содержание механических примесей в масляно-топливной $\omega_{м.п.} = 0\%$ [данные физико-химического исследования масляно-топливной смеси в предыдущей главе];
- массовое содержание воды в масляно-топливной смеси $\omega_{H_2O} = 0\%$ [данные физико-химического исследования масляно-топливной смеси в предыдущей главе].

Изначальная масса механических примесей в отработанном масле по формуле 7:

$$m_{\text{МП}} = \frac{G_1 \cdot \omega}{100}, \quad (7)$$

где $m_{\text{МП}}$ – масса механических примесей в отработанном масле, кг/ч;
 G_1 – производительность по отработанному маслу, кг/ч;
 $\omega_{\text{МП}}$ – массовое содержание механических примесей в отработанном масле, %.

Изначальная масса воды в отработанном масле по формуле 8:

$$m_{\text{В}} = \frac{G_1 \cdot \omega_{\text{В}}}{100}, \quad (8)$$

где $m_{\text{В}}$ – масса воды в отработанном масле, кг/ч;
 G_1 – производительность по отработанному маслу, кг/ч;
 $\omega_{\text{В}}$ – массовое содержание воды в отработанном масле, %.

Изначальная масса механических примесей в дизельном топливе по формуле 9:

$$m_{\text{МП}} = \frac{G_1 \cdot \omega}{100}, \quad (9)$$

где $m_{\text{МП}}$ – масса механических примесей в дизельном топливе, кг/ч;
 G_1 – производительность по дизельному топливу, кг/ч;
 $\omega_{\text{МП}}$ – массовое содержание механических примесей в дизельном топливе, %.

Изначальная масса воды в дизельном топливе по формуле 10:

$$m_{\text{В}} = \frac{G_1 \cdot \omega_{\text{В}}}{100}, \quad (10)$$

где $m_{\text{В}}$ – масса воды в дизельном топливе, кг/ч;

G_1 – производительность по дизельному топливу, кг/ч;

ω_B – массовое содержание воды в дизельном топливе, %.

Найдем массу отходов по формуле 11:

$$m_{\text{мп}} = \frac{G_3 \cdot \omega}{100}, \quad (11)$$

где $m_{\text{мп}}$ – масса механических примесей в масляно-топливной смеси, кг/ч;

G_3 – производительность общая, кг/ч;

$\omega_{\text{мп}}$ – массовое содержание механических примесей в масляно-топливной смеси, %.

Масса воды в масляно-топливной смеси по формуле 12:

$$m_B = \frac{G_5 \cdot \omega_B}{100}, \quad (12)$$

где m_B – масса воды в масляно-топливной смеси, кг/ч;

G_5 – производительность по масляно-топливной смеси, кг/ч;

ω_B – массовое содержание воды в отработанном масле, %.

Массу механических примесей в отработанном масле по формуле (7):

$$m_{\text{мп}} = \frac{2,6 \cdot 0,99}{100} = 0,02 \text{ кг}$$

Найдем изначальную массу воды в отработанном масле по формуле (8):

$$m_{\text{мп}} = \frac{2,6 \cdot 2}{100} = 0,05 \text{ кг}$$

Найдем изначальную массу механических примесей в дизельном топливе по формуле (9):

$$m_{мп} = \frac{7,8 \cdot 0}{100} = 0 \text{ кг}$$

Найдем изначальную массу воды в дизельном топливе по формуле (10):

$$m_{мп} = \frac{7,8 \cdot 2}{100} = 0,2 \text{ кг}$$

Полученные данные по расчету представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет материального баланса процесса внедряемой установки

	Приход			Расход				
		Кг/ч	%		Кг/ч	%		
Отработанное масло G ₁	} масляно- топливная смесь G ₃ , G ₄ (G ₁ +G ₂)	Мех. примеси	0,02	0,19	Очищенная масляно- топливная смесь G ₇	Нефтепродукты	10,34	99,3
		Вода	0,05	0,48				
		Нефтепродукты (масла)	2,54	24,4	Отходы G ₅ , G ₆	Вода	0,05	0,48
Дизельное топливо G ₂		Нефтепродукты (диз. топлива)	7,7	74,93		Твердая фракция	0,02	0,19
	Вода	0,1	1,0	Итого		Итого	10,41	100,0
Итого	10,41	100,0						

Выводы: за счет внедрения на предприятии технологического узла утилизации отработанного моторного масла с применением ультразвукового смесителя позволяет исключить необходимость в захоронении отработанного моторного масла с использованием услуг сторонней организации и за один технологический цикл получить топливную смесь с оптимальной конечной концентрацией загрязнений. Применение ультразвукового смесителя позволяет производить смешивание в потоке, которое осуществляется за более короткий срок и позволяет добиться более высокой степени гомогенизации.

Выход нефтепродукта 99,3%, содержание воды – 0%.

3 Эколого-экономическая оценка предложенной технологии

Минимизация вредного воздействия на окружающую среду от загрязнения и экономное использование природных ресурсов на сегодняшний день является одной из важных задач нефтеперерабатывающих предприятий.

Состав отработанного масла представлен в основном углеводородами, но также отработанное масло содержит различные добавки, которые повышают его эксплуатационные характеристики в конкретных областях применения. Количество и тип присадок зависят от предполагаемого использования масла. Например, гидравлические масла содержат очень мало присадок, в то время как смазочные масла обычно содержат от 10 до 20 процентов по объему. Некоторые из этих добавок могут быть вредны для здоровья человека и окружающей среды, в то время как другие безвредны. Отработанное масло также содержит физические и химические примеси из-за физического загрязнения, химических реакций и износа, происходящих во время его использования.

Решение данной задачи предполагается только в создании и внедрении малоотходных и безотходных производств и для этого требуется:

- анализировать существующие способы обезвреживания и утилизации отработанных масел;
- разрабатывать ресурсосберегающие технологии, позволяющие использовать отработанные масла как вторичное сырье;
- проводить экологическую оценку полученных продуктов;
- для уменьшения отходов производства осуществлять комплекс мероприятий по внедрению новых и усовершенствованию существующий технологий для утилизации отработанного масла [17].

Основными задачами, которые необходимо решить для повышения эффективности утилизации и переработки нефтесодержащих отходов в Самарской области, являются:

– организация научных разработок и внедрение технологических рекомендаций научно-исследовательских институтов и других инновационных структур по повышению эффективности утилизации и переработки нефтесодержащих отходов;

– координация деятельности различных инновационных, производственных и инвестиционных структур по вопросам расширения использования новейших технологий переработки нефтесодержащих отходов, охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов, в том числе с использованием зарубежного опыта;

– совершенствование мониторинга окружающей природной среды в зоне деятельности нефтедобывающих подразделений на предмет выявления и точного учета количества и состава нефтесодержащих отходов, проведение регулярных инвентаризаций мест складирования и расположения нефтяных отходов в Самарской области;

– обеспечение соблюдения нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, лимитов использования природных ресурсов и размещения отходов нефтедобычи и нефтепереработки;

– усиление контроля за соблюдением нефтедобывающими предприятиями норм и правил экологической безопасности, за разработкой текущих и перспективных планов совершенствования технологических процессов с целью улучшения экологической обстановки в зоне их производственно-хозяйственной деятельности;

– экономическое и нормативное стимулирование нефтедобывающих предприятий, осуществляющих переработку накопленных и вновь образуемых нефтяных отходов на региональном уровне [29].

На исследуемом предприятии образуется 5,4 т/год отработанного моторного масла.

Проведем расчет платы за размещение данного количества отходов в пределах установленных лимитов, которые утилизируются сторонне организацией по формуле 11:

$$П_{отх}^л = M_i \cdot J_{ni} \cdot Э \cdot K, \quad (11)$$

где M_i – масса отхода, т;

J_{ni} – норматив платы за размещение 1 тонны отхода 3 класса опасности, принимаем 497,0 руб./т;

$Э$ – коэффициент экологической значимости, принимаем 1,9 для Самары;

K – коэффициент инфляции, утвержденный для применения к расчетам платы за негативное воздействие на 2015 год, принимаем 2,16.

Подставим данные в формулу (11):

$$П_{отх}^л = 5,4 \cdot 497 \cdot 1,9 \cdot 2,16 = 11014,31 \text{ руб.}$$

Экологический ущерб от загрязнения земельных ресурсов.

Оценка величины предотвращенного в результате природоохранной деятельности ущерба от деградации почв и земель производится по формуле 12:

$$У_{прд}^п = H_c \cdot S \cdot K_э \cdot K_п, \quad (12)$$

где H_c – норматив стоимости земель, руб./га;

S – площадь почв и земель, сохраненная от деградации за отчетный период времени в результате проведенных природоохранных мероприятий, га;

$K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории;

$K_п$ – коэффициент для особо охраняемых территорий.

$$У_{прд}^п = 206 \cdot 4,00 \cdot 1 \cdot 1,9 = 1565,6 \text{ руб}$$

Образуется 5,4 т/год отработанных масел. После внедрения технологии утилизации отработанного масла образуется 20,5 т/год товарных нефтепродуктов. Примем стоимость 1 т полученных нефтепродуктов 13 920 руб. Результаты эколого-экономической эффективности:

$$13920 \cdot 20,5 = 286056 \text{ руб.}$$

Данные представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Эколого-экономическая эффективность от реализации предложенных мероприятий

Показатель	Результат, руб./год
Выручка	286056
Расходы за размещение отработанного масла	11014,31
Расходы за экологический ущерб	15655
Итого	259386,69

Применение данной технологии позволит получить новое дизельное топливо в количестве 20,5 тонн, которые могут быть реализованы в спецтехнике предприятия.

Заключение

Тема «Оптимизация технологии утилизации отработанных масел на примере Самарского АО «УПНП и КРС» в современном мире широкого применения отработанных масел является актуальной.

В связи с растущей важностью экологических проблем в современном обществе мировая экономика была вынуждена переориентироваться на экологически чистые технологии с низким уровнем загрязнения, основанные на переработке отходов. Кроме того, эти технологии не только обеспечивают экономическую ценность продуктов в конце их жизненного цикла, но и позволяют решить проблему ненадлежащего хранения отходов на свалках. В то же время, учитывая растущие тенденции в количестве транспортных средств, спрос на смазочные материалы также увеличивается, что влечет за собой образование все большего и большего количества отработанного моторного масла. Будучи отнесенным к категории опасных отходов, оно требует обращения, основанного на принципах устойчивого развития, и рекомендуется в качестве предпочтительного метода переработки, поскольку оно по-прежнему имеет высокую экономическую ценность.

Отработанное масло состоит в основном из углеводородов, но также содержит различные добавки, которые повышают его эксплуатационные характеристики в конкретных областях применения. Количество и тип присадок зависят от предполагаемого использования масла. Например, гидравлические масла содержат очень мало присадок, в то время как смазочные масла обычно содержат от 10 до 20 процентов по объему. Некоторые из этих добавок могут быть вредны для здоровья человека и окружающей среды, в то время как другие безвредны. Отработанное масло также содержит физические и химические примеси из-за физического загрязнения, химических реакций и износа, происходящих во время его использования.

Утилизация отработанного масла имеет особое значение, как для экономики, так и для защиты окружающей среды. В настоящее время на нашем земном шаре существует множество экологических проблем. Поскольку естественные процессы на Земле превращают местные проблемы в серьезные, не многие общества остаются незатронутыми серьезными экологическими проблемами. Одними из крупнейших проблем, которые сейчас затрагивают Землю, являются глобальное потепление, загрязнение воды, воздуха, опасные отходы, смог и другие. Хотя токсичность отработанного масла для людей является серьезной проблемой.

Отработанные масла, такие как моторное масло, гидравлические жидкости и трансмиссионные масла, используемые в автомобилях, велосипедах или газонокосилках, могут загрязнять окружающую среду, если их не перерабатывать или не утилизировать надлежащим образом. Местные органы по обращению с отходами или авторемонтные мастерские должны надлежащим образом утилизировать отработанное масло, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды. Отработанные масляные фильтры создают аналогичные проблемы с отходами. При надлежащем сливе они могут быть безопасно переработаны или утилизированы.

Моторное масло может оказать пагубное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Из-за того, что отработанное моторное масло может оказывать вредное воздействие на окружающую среду, людям важно использовать местные центры утилизации для надлежащей утилизации.

Отработанное моторное масло содержит такие загрязняющие вещества, как мышьяк, кадмий, бензол, свинец, магний и цинк. При неправильной утилизации масла эти загрязнения могут просочиться в грунт и нанести ущерб. Они могут повредить почву, на которой выращиваются сельскохозяйственные культуры, загрязняя пищевую цепочку. Масло может в конечном итоге даже попасть в водные пути, загрязняя их.

Отработанные моторные масла не представляют значительной опасности для здоровья при вдыхании. Однако они могут представлять

проблему при попадании в глаза или на кожу, вызывая аллергическую реакцию кожи или раздражение глаз. Долгосрочные последствия повторного контакта включают более высокий риск развития рака кожи.

Один литр неправильно утилизированного моторного масла может испортить до миллиона литров пресной воды. Загрязнение питьевой воды, пожалуй, является наиболее серьезной опасностью неправильной утилизации отработанного моторного масла. Дождевая вода может переносить токсины в канализацию и ручьи, которые в конечном итоге могут попасть в питьевую воду.

Отработанное масло можно перерабатывать в смазочные материалы, в мазут и использовать в качестве сырья для нефтеперерабатывающей промышленности. Кроме того, в отработанных масляных фильтрах содержится многократный металллом, который производители стали могут использовать в качестве сырья для переработки.

Акционерное Общество «Управление по повышению нефтеотдачи пластов и капитальному ремонту скважин» (АО «УПНП и КРС»), расположенный в г. Самара, является крупным независимым сервисным предприятием, которое представляет российскую нефтяную отрасль. Деятельностью предприятия является выполнение значительного количества работ, связанных с бурением и ремонтными работами как со скважинами для добычи нефти, так и с газовыми скважинами и соответствующим оборудованием.

В целом, в год на предприятии образуется 5364,5 кг отработанного масла. У предприятия не имеется собственных технологий и оборудования для утилизации отработанного масла, а заключен договор с ООО «Роса-1» на передачу и дальнейшее захоронение данного вида отхода после накопления в специально отведенных для этого местах предприятием объема (раз в квартал).

В результате изучения вопросов по теме работы была предложена следующая технология.

Моторное отработанное масло смешивается с дизельным топливом в соотношении 1 к 30. Расход регулируется расходомером. Перекачка нефтяных жидкостей происходит посредством насосов. Далее смесь гомогенизируется в УЗ-смесителем в потоке (1-2 сек) и подается центрифугу для вычленить механические примеси до 3 мкм размером. Прошедшая все этапы смесь подается потребителям дизельного топлива.

Преимущества:

- стоимость отработанного моторного масла практически становится равной стоимости отработанного моторного масла;
- простота конструкции;
- уменьшение времени, которое затрачено на утилизацию отработанного масла;
- экологическая простота;
- экономическая выгода;
- полученное дизельное топливо по своим характеристикам приближено к товарному;
- смешивание масла и топлива происходит до очистки смеси, что позволяет снизить загрязнения в смеси в 20 раз и добиться результатов качества, предъявляемые к товарному дизельному топливу;
- данная технология позволяет уменьшить вязкость и концентрацию загрязнения очищаемой смеси, повысив качество очистки практически за один технологический цикл.

Применение данной технологии позволит получить новое дизельное топливо в количестве 20,5 тонн, которые могут быть реализованы в спецтехнике предприятия.

Список используемой литературы

1. Азев В. С. Отработанные масла – компоненты дизельных топлив // Химия и технология топлив и масел. 2021. № 4. С.11–13.
2. Аметов В. А., Саркисов Ю. С. Восстановление отработавших масел // Автомобильная промышленность. 2023. № 2. С.20–22.
3. Н.И. Акинин Безопасность жизнедеятельности в химической промышленности: учебник. Спб: Лань, 2019. 448 с.
4. Боголюбов С. А. Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2018. 429 с.
5. Брай И. В. Регенерация трансформаторных масел. М.: Химия, 2020. 168 с.
6. Бутов Н.П. Организация сбора отработавших масел // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1989. №9. С 40–42.
7. Бутов Н.П. Научные основы проектирования малоотходной технологии переработки и использования отработанных минеральных масел. зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 2019. 410 с.
8. Бутов Н.П. Повторное использование отработавших масел // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2019. №7. С. 42–43.
9. Вайсберг Л. А. Новые технологии переработки бытовых и промышленных отходов // Вторичные ресурсы. № 5-6. 2021. С. 45–51.
10. Ветошкин А.Г. Основы инженерной экологии: учебное пособие. Спб: Лань, 2018. 332 с.
11. Ветошкин А.Г. Технологии защиты окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие. Спб: Лань, 2020. 304 с.
12. Гурова Т. Ф. Экология и рациональное природопользование: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 188 с.

13. Дронченко В.А. Защита окружающей среды от вредного воздействия отработанных растворов, образующихся при погружной очистке машин и деталей // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Б, Строительство. Прикладные науки. 2019. № 8. С. 194–199.
14. Дронченко В.А. Получение мелкодисперсной эмульсии на основе нефтесодержащих отходов, и ее утилизация // Вестн. БрГТУ. Машиностроение. 2020. № 4 (106). С. 51–54.
15. Дуглас С. Определение содержания серы и хлора в отработанном масле методами рентгеновской флуоресценции, ICP и ионной хроматографии с // Опасные отходы и опасные материалы. 2022. №3. С. 373–380.
16. Евдокимов А.Ю. Отработанные смазочные материалы и вопросы экологии // Химия и технология топлив и масел. 2019. № 11. С. 26–30.
17. Евдокимов А.Ю. Экологические аспекты использования отработанных смазочных материалов // Химия и технология топлив и масел. 2018. № 11.
18. Евдокимов А.Ю. Смазочные материалы и проблемы экологии. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. М.: ГУП Издательство «Нефть и газ». 2020. 424 с.
19. Жиров А. И. Прикладная экология. В 2 т. Том 2: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 311 с.
20. Жуйкова Т. В. Экологическая токсикология: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2019. 362 с.
21. Захаров С.В. Анализ потенциала использования отработанных масел для нужд теплоснабжения, с примерами // Московский энергетический институт (технический университет) ОАО «ВНИПИэнергопром». URL: <http://www.energsovet.ru> (дата обращения 19.03.2023).
22. Зачиняев Я.В. Критерии оценки воздействия отработанных масел на окружающую природную среду. Обзор технологий регенерации отработанных масел // Экономический и научно-технический интернет-журнал «Novainfo.ru». URL: <http://novainfo.ru/kriterii-ocenki-vozdeystviya->

otrabotannyh-masel-na-okruzhayushchuyu-prirodnuyu-sredu-obzor-tehnologiy-regeneracii-otrabotannyh (дата обращения 19.03.2023).

23. Иванов В.П. Утилизация нефтесодержащих сточных вод эмульгированием и сжиганием // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2020. № 1. С. 27–33.

24. Иванов В.П. Использование нефтесодержащих отходов в качестве добавки к топливу, сжигаемому в паровом котле // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Б, Строительство. Прикладные науки. 2019. № 16. С. 178–183.

25. Иванов В.П. Охрана труда рабочих, и защита окружающей среды от вредного влияния нефтесодержащих отходов. Новополоцк: ПГУ, 2018. 248 с.

26. Иванов В.П. Выбор технического решения по утилизации нефтесодержащих отходов // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В, Промышленность. Прикладные науки. 2019. №11. С. 120–124.

27. Картошкин А.П. Экономия энергетических ресурсов путем создания и реализации комплексной технологии регенерации отработанных смазочных масел для автотракторной техники. Диссертация доктора технических наук. URL: <http://www.energsovet.ru> (дата обращения 19.03.2023).

28. Картошкин А. П. Концепция сбора и переработки отработанных смазочных масел // Химия и технология топлив и масел. 2023. № 4. С.3–5.

29. Качанова Л.С. Совершенствование очистки отработанного моторного масла центробежными аппаратами. Диссертация кандидата технических наук. зерноград, 2004. 152 с.

30. Колесников Е. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2018. 469 с.

31. Коротный Л. М. Экологические основы природопользования: учеб. пособие для СПО. М.: Издательство Юрайт, 2019. 374 с.

32. Комаров Я. В. Применение беспроводных технологий для мониторинга потоков образования вторичных ресурсов транспортных и технологических машин на территории предприятий технического сервиса // Проблемы ресурсообеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса. 2021. С. 30–35.

33. Комаров Я. В. Совершенствование организации и технических средств обращения с отходами на сервисных предприятиях АПК: автореферат дис. канд. техн. наук. Воронеж, 2018. 20 с.

34. Комаров Я. В., Пухов Е. В., Горбатенко Д. А. Патент 2619284 С1 РФ. Устройство для переработки отработанных масляных фильтров. URL: <http://www.energsovet.ru> (дата обращения 19.03.2023).

35. Ленивцев Г.А. Обоснование режимов регенерации моторных масел с целью их повторного использования // Химмотология. М.: МДНПТ, 2019. С. 85–88.

36. Морозов Н.В. Обезвреживание отработанных смазочных масел в сточных водах производств с использованием консорциума микроорганизмов в распылительно-отстойном биореакторе // Вестник технологического университета. Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Вып. 21. Казань: КНИТУ. 2018. С. 78–83.

37. Морозов Н.В. Смазочные моторные масла и их утилизация нефтеокисляющими микроорганизмами // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Международного конгресса, 17-20 марта 2019 г. М.: Экспо-биохим-технологии. 2019. С. 111–113.

38. Морозов Н.В. Технология биоочистки производственных сточных вод от отработанных смазочных (моторных) масел // Принципы экологии. Петрозаводск: РЦ НИТ ПетрГУ. 2021. С. 67–78.

39. Новикова К. Н. К вопросу утилизации отработанных масляных фильтров // Вестник МАНЭБ. 2019. № 2 (20). С. 55–56.

40. Образцов Н. А. Способы утилизации автомобильных масляных фильтров // Магистратура автотранспортной отрасли. Спб. 2020. С. 190–197.

41. Основы природопользования и энергоресурсосбережения: учебное пособие. СПб: Лань, 2019. 408 с.
42. Остриков В.В. Повышение эффективности использования смазочных масел путем разработки и совершенствования методов, технологий и технических средств: Автореферат диссертации доктора технических наук. Саратов, 2000. 45 с.
43. Остриков В. В. Современные технологии и оборудование для восстановления отработанных масел. М.: Росинформиздат, 2021. 60 с.
44. Отходы синтетических и минеральных масел [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ecobrain.ru/othodi/utilization-of-sintetic-materials> (дата обращения 19.03.2023)
45. RU 2333933 С2. Способ утилизации отработанного моторного масла, и установка для его реализации – заявл. 2008-04-20; опубл. 2008-09-20, – 10 с.
46. Пат. RU 2243254 С1. Способ утилизации отработанного моторного масла. – заявл. 2003-08-19; опубл. 2004-12-27, – 2 с.
47. Пиковская Е.В. Регенерация отработанных масел в США // Мир нефтепродуктов. 2020. № 4. С. 23-25.
48. Приказ Минприроды России от 08.12.2020 № 1028 «Об утверждении Порядка учета в области обращения с отходами». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372204/ (дата обращения: 19.06.2023).
49. Прохоров В. Ю. Экологические аспекты эксплуатации автомобильного транспорта: учеб. пособие. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2019. 63 с.
50. Прохоров В. Ю. Основные вопросы технического регулирования: монография. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2018. 207 с.
51. Пухов Е. В. Совершенствование системы утилизации отходов предприятий технического сервиса транспортных и технологических машин АПК : автореферат дис. д-ра техн. наук. 05.20.03. Воронеж, 2013. 36 с.

52. Разина Г.Н. Плазмохимическая переработка отработанных смазочных материалов в свете правительственного проекта положения «о порядке организации деятельности по сбору и переработки отработанных смазочных материалов, масел и жидкостей» // Успехи в химии и химической технологии. 2020. №4. С.11–15.
53. Родионов А. И. Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты атмосферы: учебник для СПО. М.: Юрайт, 2019. 218 с.
54. Родионов А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера: учебник для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2018. 283 с.
55. Савельев В. В. К вопросу утилизации отработанных масляных фильтров автомобилей // Современные достижения молодежной науки. Петрозаводск, 2020. С. 165–171.
56. Сапожникова В.А. Экологически безопасное обращение с отходами на предприятии // Промышленная безопасность. Энергетика. Экология. 2020. № 4. С. 71–80.
57. Сафонов А.С. Химмотология горюче-смазочных материалов. М.: НПИКЦ, 2021. 488 с.
58. Сватовская Л.Б. Комплексные технологии утилизации отходов железнодорожного транспорта: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. Саратов: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. 190 с.
59. Соломкин А.П. Повторное использование отработавших масел // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1989. №9. С.42–44.
60. Станьковски Л. Оптимизация схемы переработки отработанных смазочных материалов с учетом современных условий в РФ // Мир нефтепродуктов. 2021. № 10. С. 36–42.
61. Сурин С.А. Отработанные масла: вторая жизнь // Мир нефтепродуктов. 2020. № 2. С.22–24.

62. Сутягин В.М. Физико-химические методы исследования полимеров: учебное пособие. Томск: ТПУ, 2020. 208 с.
63. Тарасов В. В. Экологические аспекты необходимости регенерации отработанных смазочных материалов // Научн. тр. Дальрыбвтуза. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. № 22. С. 78–86.
64. Тупикин Е.И. Общая нефтехимия: учебное пособие. М.: Лань, 2019. 320 с.
65. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 N 89-ФЗ. URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 19.06.2023).
66. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 19.06.2023).
67. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 N 96-ФЗ. URL: <https://www.consultant.ru/document/> (дата обращения: 19.06.2023).
68. Фукс И.Г. Экологические проблемы рационального использования смазочных материалов. М.: Нефть и газ, 2018. 352 с.
69. Фукс И.Г. Экологические проблемы рационального использования смазочных материалов. М.: Нефть и газ, 2018. 161 с.
70. Хван Т. А. Экологические основы природопользования: учебник для СПО. М.: Юрайт, 2019. 253 с.
71. Чарыков В.И., Регенерация отработанных моторных масел - как часть решения проблемы предотвращения загрязнения окружающей среды // Материалы 1-й Всерос. науч.-практ. конф. «Состояние окружающей среды и здоровье населения». Курган: КГУ, 2018. С.51–52.
72. Чупрова Л. В. Химико-технологические аспекты процесса регенерации нефтеотходов // Молодой ученый. 2019. № 6 (53). С. 235–237.
73. Шеннон И. Смазочные материалы: снижение вредного воздействия на окружающую среду // Мир нефтепродуктов. 2020. № 3.

74. Широков Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии: учебное пособие. Спб: Лань, 2018. 360 с.
75. Экология: учебник и практикум для прикладного бакалавриата. М.: Юрайт, 2019. 353 с.
76. Юзефович В.И. Организация сбора отработанных масел // Мир нефтепродуктов. 2021. № 3. С. 28–30.
77. Ядыкин А.В. Мембранная очистка отработанного моторного масла // Столыпинский вестник. 2022. №5. С. 3086–3089.
78. АО «УПНП и КРС» в г. Самара. – URL: <https://www.scrw.com/>
79. Statistical Review of World Energy 2020 // BP-statistical-review. 2019. 121 p.
80. Critical review of existing studies and life cycle analysis on the regeneration and incineration of waste oils // European Commission DG Environment, Final Report. 2001. 101 p.
81. Naimul Haque, M. Effects of Acid Washing and Additives on Qualities of Waste Lubricating Oil // Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research. 2008. №43(4).