

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э.А. Петровский

« _____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

направление 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов
нефтегазового производства»

**Технологическая установка для очистки нефтезагрязнённых грунтов
методом биоремедиации**

Руководитель _____ к.т.н., доцент Е.А. Соловьев

Выпускник _____ В.М. Гаврилюк

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа
Кафедра Технологические машины и оборудования нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Э. А. Петровский

« ____ » _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Красноярск 2016

Студентке Гаврилюк Виктории Михайловне

Группа ГБ 12-07

Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства»

Тема выпускной квалификационной работы «Технологическая установка для очистки нефтезагрязненных грунтов методом биоремедиации»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР Е.А. Соловьёв, доцент кафедры ТМиОНГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: Разрабатываемая технологическая установка предназначена для очистки нефтезагрязнённых грунтов методом биоремедиации с применением биосорбентов и нефтеокисляющей микрофлоры. Требуемая производительность: 0.5 т/ч. Требуемая степень очистки: не ниже 99.9%.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы

Раздел 1 – Литературный обзор. Аналитический обзор литературы, в том числе патентных источников по теме работы. Изучение основных характеристик нефтезагрязнённых грунтов. Сравнительный анализ существующих способов очистки почв и грунтов от нефтяных загрязнений. Анализ биосорбентов и технологических особенностей процесса биоремедиации. Заключение литературному обзору, постановка задач на проектирование. Отчёт о патентных исследованиях выполнить отдельным приложением к бакалаврской работе.

Раздел 2 – Конструкторско-технологический раздел. Расчёт основных параметров установки (расчёт геометрических параметров, прочностной расчёт). Разработка принципиальной технологической схемы установки. Разработка конструкции установки. Выбор и обоснование вспомогательного оборудования (насосы, запорная и регулирующая арматура, средства автоматизации технологического процесса, средства обеспечения безопасности).

Раздел 3 – Эксплуатация и ремонт. Разработка технологических режимов работы установки. Разработка мероприятий по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту установки.

Заключение. Выводы по результатам выполненной работы.

Перечень графического и иллюстративного материала: Технологическая схема с описанием принципа работы установки (1 лист формата А3), чертёж общего вида установки (1 лист формата А3), чертеж корпуса реактора (1 лист формата А3), презентация (12 –16 страниц).

Руководитель ВКР

_____ Е.А. Соловьёв

Задание принял к исполнению

_____ В. М. Гаврилюк

«___» _____ 2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Технологическая установка для очистки нефтезагрязненных грунтов методом биоремедиации» содержит 80 страниц текстового документа, 16 рисунков, 10 таблиц, 3 приложения, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫЙ ГРУНТ, СПОСОБЫ ОЧИСТКИ, УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ, БИОСОРБЕНТ, БИОРЕМЕДИАЦИЯ.

Цель работы:

Разработать технологическую установку предназначенную для очистки нефтезагрязнённых грунтов методом биоремедиации с применением биосорбентов и нефтеокисляющей микрофлоры. Требуемая производительность: 0.5 т/ч. Требуемая степень очистки: не ниже 99.9%.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- изучение современных методов рекультивации нефтезагрязненных территорий;
- сравнительный анализ применяемых биосорбентов;
- разработка новой высокоэффективной технологии очистки почв и грунтов от загрязнений нефтью и нефтепродуктами на основе процесса биосорбционных препаратов;
- подбор оборудования для осуществления технологического процесса в соответствии с разработанной схемой;
- расчёт основных параметров установки;
- разработка мобильного технологического комплекса.

В ходе выполнения выпускной работы были рассмотрены основные методы очистки нефтезагрязненного грунта. Разработана технологическая схема с применением биосорбентов и нефтеокисляющей микрофлоры. Также были определены основные геометрические параметры установки на основании расчета материального баланса в итоге реализации данной технологии разработана конструкция мобильного технологического комплекса.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Литературный обзор	8
1.1 Загрязнение почвы отходами нефти и нефтепродуктами.....	8
1.1.1 Механические повреждения почвенного покрова.....	11
1.1.2 Химическое нарушение почв.....	11
1.2 Способы очистки нефтезагрязненной почвы	12
1.2.1 Механические методы	13
1.2.2 Физико-химические методы	13
1.2.3 Химические методы.....	14
1.2.4 Биологические методы	14
1.3 Сорбционная очистка почвы от нефтезагрязнений	21
1.4 Очистка почвы от нефтезагрязнений при помощи биосорбентов	24
1.5 Применяемые биосорбенты	27
1.6 Технологические особенности процесса биоремедиация.....	30
1.7 Существующие установки для очистки нефтезагрязненного грунта....	33
1.8 Заключение к литературному обзору.....	33
2 Конструкторско-технологический раздел	35
2.1 Техническое задание.....	35
2.2 Разработка технологической схемы.....	35
2.3 Расчет основных параметров установки.....	36
2.4 Разработка конструкции установки	37
2.4.1 Разработка перемешивающего устройства.....	37
2.4.2 Разработка устройства подачи сорбента.....	42
2.4.3 Разработка устройства для подачи водного раствора с биологически активным компонентом	44
2.4.4 Расчет мощности привода смесительного барабана	46
2.4.5 Прочностной расчет толщины стенки барабана	47
2.4.6 Эскизная модель установки	48
3 Эксплуатация и ремонт	50
3.1 Система планово-предупредительного ремонта.....	50
3.2 Ремонт перемешивающего устройства	53
3.3 Ремонт устройства для подачи сорбента	55
3.4 Ремонт устройства для подачи водного раствора с биологически активным компонентом	55
3.5 Ремонт и восстановление алюминиевых емкостей	57
Заключение	59
Список использованных источников	60
Приложение А (отчет о патентных исследованиях).....	62
Приложение Б (расчеты).....	75
Приложение В (чертежи).....	80

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день Загрязнение почв нефтью и другими нефтепродуктами является актуальной проблемой. Попадание нефтепродуктов или других углеводородов в почву приводит к значительному ухудшению водной и воздушной проницаемости почв, влияет на морфологические, физические, химические, биологические свойства почвы, которые определяют ее плодородие и экологические функции. Пропитанные нефтью почвы изменяют свой химический состав, свойства и структуру.

Огромное количество шламовых емкостей требуют восстановления, и это не считая мест аварийных разливов. Шламовыми амбарами являются накопительные ямы, их размер составляет около 50-100 м. Такие ямы создаются возле буровых скважин, куда поступают для распределения отходы бурения: разные виды растворов, смешанные с нефтью или нефтепродуктами, химические реагенты, размельченная горная порода, глина.

Для засыпки одного хранилища, потребуется около 5 тысяч кубических метров песка. Данные работы по устранению хранилища требуют больших денежных затрат. Для заполнения одной емкости приходится около 600 тыс. руб. Многие нефтяные предприятия уничтожают около 350 нефтяных хранилищ. В случае применения такой технологии, «рекультивированный» данным образом территория остается на длительное время источником постоянного загрязнения грунтовых и подземных вод.

Цель работы: Разработать технологическую установку предназначенную для очистки нефтезагрязнённых грунтов методом биоремедиации с применением биосорбентов и нефтеокисляющей микрофлоры. Требуемая производительность: 0.5 т/ч. Требуемая степень очистки: не ниже 99.9%.

Задачи:

- изучение современных методов рекультивации нефтезагрязненных территорий;
- сравнительный анализ применяемых биосорбентов;
- разработка новой высокоэффективной технологии очистки почв и грунтов от загрязнений нефтью и нефтепродуктами на основе процесса биосорбционных препаратов;
- подбор оборудования для осуществления технологического процесса в соответствии с разработанной схемой;
- расчёт основных параметров установки;
- разработка мобильного технологического комплекса.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Загрязнения почвы отходами нефти и нефтепродуктов

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами воздействует на морфологические, физические, химические, биологические свойства почвы, которые определяют ее плодородие и экологические функции. Причиной тому является физическое и моральное старение технологического оборудования большинства предприятий, в том числе и очистных сооружений.

Нефть, попадая в почву, спускается вертикально вниз под влиянием гравитационных сил и распространяется вширь под действием поверхностных и капиллярных сил. Скорость движения нефти зависит от ее свойств, грунта и нефти, воздуха и воды в многофазной движущейся системе. Первостепенное значение при этом имеют тип нефти, ее количество, характер нефтяного загрязнения. Чем ниже доля нефти в такой системе, тем труднее ее фильтрация (миграция) в грунте. В ходе этих явлений насыщенность грунта нефтью (при отсутствии новых поступлений) снижается. При содержании в грунте 10-12% нефть становится неподвижной.

Нефть и нефтепродукты принадлежат к известным поллютантам природной среды, вызывая видимые изменения в химическом составе, свойствах и структуре почвы. Нефть является распространенным опасным загрязнителем, при разливах которой на длительное время нарушается нормальное функционирование почвенной экосистемы, ухудшается почвенное плодородие и резко меняется интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов. Поступление нефти в почву неопределенно влияет на активность ферментов, которая усиливаться, и конечно ослабевать в зависимости от дозы и вида загрязнителя и типа почвы, подвергшейся загрязнению.

Для нефтегазового комплекса свойственны следующие проблемы: рост общей площади нарушенных территорий при хронически низких темпах их восстановления; большая загрязненность территорий в районах добычи нефти и газа; высокая степень опасных нагрузок на окружающую среду от нефтедобывающих предприятий и предприятий нефтепереработки; недостаточное развитие природоохранной инфраструктуры, систем предотвращения и снижения негативных воздействий на природную среду, средств объективного контроля полноты и качества выполнения проектных решений; недостаточно проработанные правовые требования на рекультивацию выработанных подземных хранилищ, несоблюдение экологических норм на всех этапах эксплуатации и реабилитации природных комплексов.

На территории России имеется 1600 нефтебаз и хранилищ нефтепродуктов, около 30 нефтеперерабатывающих предприятий, эксплуатируется примерно 140 тыс. скважин. Общая протяженность магистральных трубопроводов 207 тыс. км.

По данным Министерства природных ресурсов Российской Федерации и Российского отделения «Гринпис», потери нефти и нефтепродуктов в России за счет аварийных ситуаций колеблются от 17 до 20 млн. т ежегодно, что составляет порядка 7% от добычи нефти [15].

Большую угрозу экологической ситуации создают законсервированные разведочные скважины, пропускающие нефть и газ. Количество таких скважин выше 7 тыс. На ликвидацию только аварийных скважин, которых около 980, требуется порядка 250 млрд. рублей.

Кроме того, в процессе исправления технологического оборудования и его эксплуатации в грунт попадает такое количество углеводородов, которое формирует залежь. Например, залежь смеси, состоящей из бензина и дизельного топлива, залегающая на глубине 5-7 м, объемом до 600 000 м³. Эта смесь распространяется в скопление пород, вызывает быстрое загрязнение грунтов, продуктами переработки нефти.

В процессе добычи, сохранения, транспортировки и переработки нефти на поверхности земли оказывается около 50 млн. тонн нефти и нефтепродуктов, которые после попадают в грунт и воду. При этом, из ряда ценных природных энергоресурсов они поступают в группу токсичных загрязнителей окружающей среды.

Площадь нефтяного пятна на поверхности почвы зависит, в основном, от массы аварийного пролива, характеристик гидродинамического потока источника, характеристик естественного барьера на пути растекания, процессов взаимодействия пролитой нефти с растительностью и почвой, физико-химических свойств нефти, климатических и погодных условий.

Попадая в почву нефть и нефтепродукты, приносят огромный ущерб окружающей среде. В почве нефть оказывает значительные, порой неисправимые изменения ее свойств – образование битуминозных солончаков, гудронизацию, цементацию. В следствии, эти изменения несут ухудшение состояния растительности и биопродуктивности земель. В результате нарушения земельного покрова и растительности усиливаются неприятные природные процессы – эрозия почв, деградация, криогенез.

Нефтеперерабатывающие предприятия загрязняют земли и почву в результате фильтрации нефтепродуктов из шламохранилищ.

Нефть и нефтепродукты носят не однозначный характер для окружающей среды, а токсичность нефти и ее продуктов не всегда очевидна. Небольшое количество нефти вызывают стимулирующее действие на рост растений. Нефть обладает лечебным характером и является питательной средой для ряда групп микроорганизмов. Она легче других вредных веществ разлагается, принося в почву дополнительные органические соединения. С другой стороны, в загрязненной территории гибнут растения.

Вода при попадании нефти делается непригодной для жизни и хозяйственной деятельности человек, живые организмы, живущие в загрязненной воде или выращенные на загрязненных почвах, теряют пищевые качества.

Пропитанные нефтью почвы меняют свой химический состав, свойства и структуру. Прежде всего, это приходится на гумусовом горизонте: количество углерода в нем резко увеличивается, но битуминозное вещество значительно ухудшает качество почв как питательного субстрата для растений. Гидрофобные частицы нефти препятствуют поступлению влаги к корням растений, что приводит к изменениям в их росте и развитии. Продукты трансформации нефти быстро меняют состав углеродистых веществ, из которых слагается почвенный гумус.

Нефтяное загрязнение почв убивает фотосинтетическую активность растительных организмов.

Нефть вызывает огромную гибель почвенной мезофауны: через три дня после загрязнения большая часть видов почвенных животных полностью исчезают или составляют не более 1% от контрольного количества. Наиболее токсичными оказываются легкие фракции нефти.

Многолетние исследования показали то, что загрязнения почвы нефтью, повреждает аэрации и обеспеченности микроорганизмов доступными элементами питания и снижают ферментативную активность почвы на длительное время.

Загрязнение почвы нефтью в количестве 3,0 л/м² уже существенно влияет на микробиохимические процессы: вызывает активное развитие микроорганизмов основных эколого-трофических групп, ингибирует активность окислительно - восстановительных процессов, изменяет азотный режим почвы.

Установлено, что загрязнение земель нефтью приводит к изменению содержания почвенного раствора, снижению емкости поглощения и общего количества гуминовых и фульвокислот в составе гумуса, увеличению общего содержания углерода и содержания нерастворимого остатка.

Загрязнения почв подразделяется на поверхностное, подповерхностное (глубина проникновения загрязнителя 5-30 см), глубинное (загрязнения 30 см -1 м) и загрязнения нижних слоев почвы (проникновение загрязнителя до уровня грунтовых вод 1-5 м и более). [11]

В почвах нефтепродукты состоят в следующих формах:

– в пористой среде – в парообразном и жидком легкоподвижном состоянии, в свободной или растворенной водной или водно-эмульсионной фазе;

– в пористой среде, а так же трещинах – в свободном неподвижном состоянии, играя роль вязкого или твердого цемента между частицами и агрегатами почвы, в сорбированном состоянии на частицах горной породы или почвы, в том числе – гумусовой составляющей почв;

– в поверхностном слое почвы или грунта в виде плотной органоминеральной массы.

1.1.1 Механические повреждения почвы и грунта

Механическое нарушение почв, встречается во всех областях нефти и газа, это связано со строительными и рекультивационными (снятие плодородного слоя, засыпка траншей, планировка амбаров) работами. Эта разновидность техногенного влияния на почвы свойственна промышленному освоению природной среды вообще и не является специфической для нефтегазового комплекса. Масштабы нарушений почвы, в результате механического воздействием, происходят, либо, от размера и назначения возводимых сооружений или от ранимости природной среды в разных биогеоценозах.

Снятие плодородных горизонтов грунта содержит несколько основных следствий. Во-первых, полностью изменяются почвенные свойства (физические, химические, биологическая активность). Во-вторых, развиваются несвойственные уничтоженному почвенному покрову гипергенные процессы (водная и ветровая эрозия, заболачивание, деградация болот) либо интенсивность этих процессов возрастает.

При механическом разрушении почвы, происходит уничтожение гумусоаккумулятивных горизонтов, определяющих новое плодородие, перемешивание материала различных горизонтов, выполненных в ненарушенном ландшафте самостоятельную экологическую функцию, внедрение подстилающих пород с не нужными физическими свойствами и низким потенциальным плодородием.

В результате исследований в местах подземного хранилища газа известно, что на этом участке почвенный слой характеризуется пониженным составом гумуса, азота, меньшей суммой обменных оснований по сравнению с аналогичными показателями фоновых почв.

1.1.2 Химическое нарушение почв

Основные типы химического загрязнения почв на объектах нефтегазовой отрасли следующие:

– на нефтегазодобывающих предприятиях: возникновение газовых и нефтяных фонтанов, самовозгорание газа, сброс подземных высокоминерализированных вод, выброс загрязненных сточных вод на рельеф, разлив буровой жидкости, уничтожение амбаров, разлив метанола, поступающего от установки регенерации, складирование шламообразных отходов, диффузная миграция газа, излив пластовой смеси, выброс продуктов сгорания топлива;

– на нефтяных и газотранспортных отраслях разлив углеводородного конденсата, ингибиторов коррозии, газопроводов, разлив турбинного топлива, метанола, органических кислот, поверхностно-активных веществ (ПАВ), смазочных компрессорных масел;

– на нефтяных и газовых предприятиях: утечки конденсата и смазочных масел, а также химреагентов (метанола, диэтиленгликоля, диэтаноламина).

Основными загрязнителями почв в нефтяных отраслях являются:

– жидкости (нефтяные углеводороды, минерализованные пластовые воды, химреагенты, буровые растворы);

– газы (попутный и природный газ и продукты его сгорания);

– твердые вещества (шламы, серная пыль в районах предприятия переработки сернистого углеводородного сырья).

Химическое загрязнение почвы неблагоприятно влияет на ее физические, химические, биологические свойства.

1.2 Способы очистки нефтезагрязнённой почвы

В настоящее время имеется выбор различных методов по снижению и предотвращению нефтяных загрязнений почв.

Выбор определенного метода происходит от следующих факторов: уровень загрязнения, состав нефти, продолжительность загрязнения, свойства почвы, ландшафтные и климатические условия. Как правило, используется системный подход в решении данных вопросов.

Суть восстановления загрязненных почв – максимальная мобилизация внутренних ресурсов экосистемы на восстановление своих первоначальных функций. Самовосстановление и рекультивация содержит неразрывный биогеохимический процесс.

Естественное самоочищение природных земель от нефтяного загрязнения - длительный процесс, где долгое время сохраняется пониженный температурный режим. В связи с этим, применение способов очистки почвы от загрязнения углеводородами нефти – одна из важных задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. Рекультивация земель – это состав мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Задача рекультивации – уменьшить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения [8].

В настоящее время применяют ряд методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, такие как физико-химические, биологические, химические и механические методы.

1.2.1 Механические методы

Механический процесс очистки несет за собой перемешивание и физическое разделение. В связи с наивысшей проблемой охраны окружающей среды и дефицитом энергоемкого сырья наиболее перспективным направлением переработки и утилизации амбарных нефтешламов является извлечение из них нефти, воды и твердых остатков с последующим использованием в системе повышения пластового давления, а твердых остатков в химической или дорожно-строительной промышленности в качестве сырья. В настоящее время имеется тенденция по отдельной переработке и утилизации эмульсионных нефтешламов. Нефтешламы и твердые отходы НПЗ проходят соответствующую обработку, а затем утилизируются. Эмульсионные нефтешламы предварительно деэмульгируются на различных аппаратах. Процесс извлечения полезных веществ затрудняется, если в составе нефтешламов имеются плотные и нелетучие асфальтены. При обычной технологии переработки с помощью механических средств углеводороды уничтожаются не полностью, остаются значительные количества эмульгированной нефти, содержащей воду и твердые частицы.

К механическим методам относятся такие первичные мероприятия при нефтяных разливах, как обваловка загрязнения, откачка нефти в емкости. Данный метод требует существования специальной техники и резервуаров и не решает проблему очистки почвы при просачивании нефти в грунт. Также к этой группе методов можно отнести и замену почвы, т. е. вывоз почвы на свалку для естественного разложения в количестве 1-2% от общего количества сдаваемых отходов. Срок утилизации 3-5 лет. При угрозе прорыва нефти в водные источники как экстренная мера применяется сжигание. В зависимости от вида нефти и нефтепродуктов таким способом уничтожается до 2/3 разлива, остальная часть просачивается в почву.

1.2.2 Физико-химические методы

К физико-химическим методам очистки грунтов относятся:

– обработка их в устройствах различного типа подогретыми водными растворами в присутствии поверхностно-активных веществ или других химических реагентов;

– экстракция нефтепродуктов из почв различными растворителями, в том числе вакуумная экстракция, к их числу можно отнести также известкование загрязненных нефтью грунтов – обработку грунта негашеной известью в количестве 0,5-5% от массы разлитого нефтепродукта, в результате чего образуется твердый продукт, прочно удерживающий нефтепродукты в виде комплексных соединений.

Сжигание - самый быстрый, а так же дешевый способ борьбы с разливами нефти и нефтепродуктов.

Промывка (дренирование) почвы - метод промывания почвы от нефтяных продуктов на месте с помощью дренажных систем, может применяться в сочетании с микробиологическими методами. Среди многих способов производственной очистки грунтов важную роль следует отвести электрохимическому способу. Его принцип основан в использовании поля постоянного электрического тока и предполагает применение соответствующих устройств, для очистки почвы от нефтяных продуктов.

В ситуации нефтяного разлива легковоспламеняющихся продуктов в жилых кварталах, цехах, на автомагистралях, где взрыв и его последствия могут оказаться опаснее загрязнения почвы, разлив изолируется противопожарными пенами сверху или засыпается сорбентами.

1.2.3 Химические методы

Экстракция с помощью растворителей. Методы очистки нефтесодержащих отходов заключаются в добавлении специальных химических реагентов. Растворители должны полно и совершенно просто регенерироваться с небольшими энергозатратами. Экстракционные методы выделения ароматических углеводородов основаны на избирательной растворимости их в полярных растворителях. В зависимости от вида реагента с загрязнением могут происходить следующие процессы: осаждение, замещение, окисление-восстановление, комплексообразование.

Химические способы более результативные, однако, внесение химических веществ-деструкторов нефти не всегда безвредно для естественных почвенных биогеоценозов.

1.2.4 Биологические методы

Биологический метод очистки грунта, заключается в направленной активизации почвенной микрофлоры, внесении микробных препаратов, разлагающих нефть, а также фиторемедиации — уменьшению загрязнения почвы, основанного на стимуляции естественного почвенного сообщества нефтеокисляющих микроорганизмов в результате их тесного взаимодействия с толерантными к нефти растениями.

Фиторемедиация позволяет активно уничтожать большие территории с относительно низкой, по сравнению с другими технологиями, стоимостью работ при слабом негативном воздействии на окружающую среду. Время восстановления земель ограничивается в 3-4 раза.

Биопрепараты стимулируют местный грунтовый и почвенный биоценоз и создают приятные условия для перехода нефтяных углеводородов в трудноокисляемое состояние. Образуются органические соединения

гумусоподобного характера, положительно влияющие на почвенное плодородие.

Разложение нефти в земле обусловлено не только непосредственным действием живых микроорганизмов, входящих в состав биопрепаратов, но и способностью последних влиять на аборигенное микробное сообщество почвы, повышая его способность утилизировать нефть.

В настоящее время действуют три основных направления биологической очистки почв: биообработка твердой фазы, заключающаяся в обеспечении оптимальных условий для развития собственной почвенной микрофлоры, биообработка в реакторах, предусматривающих обработку почвы в виде пульпы в биореакторе, в котором обеспечивается за счет перемешивания контакт микроорганизмов с водо-нерастворимыми загрязнителями и создаются условия для осуществления процесса микробной деградации и биообработка основанная на внесении в почву микроорганизмов - деструкторов загрязнений [14].

Таблица 1 – Классификация технологий, используемых для ликвидации загрязнения почв и грунта

Методы	Способы ликвидации	Особенности применения	Достоинства	Недостатки
Механические	Обвалка загрязнения, откачка нефти в ёмкости	Первичные мероприятия при больших разливах с данной техники и резервуаров (проблема очистки почвы при проникновении нефти в грунт не решается)	Универсальность, простота в эксплуатации	Малоэффективны и не обеспечивают нужной степени очистки почв от нефтезагрязнений, их использование применяется только для свежих загрязнений; Утилизация нефти проходит в поверхностном слое почвы, при этом в местах прокалывания уничтожаются биоцинозы;
	Замена почвы	Вывоз почвы на территории промышленных отходов для естественного разложения нефти и нефтепродуктов		
	Механическое разделение	Процесс механического разделения уменьшает объем загрязнения за счет селективно удаленной порции, содержащей загрязняющие вещества. Используют технические приемы, имеющие гравитационное или циклонное разделение ситовое, сетчатое и магнитное		
Физико-химические	Био-вентиляция	Сущность заключается таким образом, что в загрязненную зону через специальные вертикальные или горизонтальные скважины нагнетается воздух в количестве, достаточном для снабжения кислородом почвенных бактерий, разлагающих органические соединения до CO ₂ и воды. Под действием потока воздуха жидкие загрязнения вместе с потоком воздуха транспортируются через почву. К моменту достижения поверхности, большая часть загрязнений успевает разложиться из-за бактерий. Тем самым значительно уменьшается загрязненность отходящих газов и снижаются затраты на его очистку.		Применяемые физико-химические способов восстановления почв, иногда сами наносят больший экологический вред природе, чем нефтяное загрязнение.

Продолжение таблицы 1

	Очистка ультразвуком	Эффективен для очистки почв от нефтепродуктов ультразвук. Начиная с критического значения звукового давления акустических волн, в жидкости возникает кавитация. При схлопывании кавитационных полостей образующиеся микроструи с линейными скоростями 300-800 м/с срывают с поверхности твердых частиц нефтяные загрязнения. Эффективность очистки может достигать 99,5–99,8%. При кавитационных разрывах жидкости происходит ионизация и активация молекул, стимулирующие окисление и полимеризацию углеводородных молекул.		При таких методах очистки почв может происходить необратимое уничтожение плодородного слоя сельскохозяйственных угодий, загрязнение дополнительных поверхностей почв при вывозе и складировании нефтезагрязнённого слоя.
	Сорбционный	Процесс поглощения твердым телом или жидкостью вещества из окружающей среды. Поглощающее тело называется сорбентом, поглощаемое им вещество — сорбатом. Применение биосорбентов основано на введении препарата в почву. Биосорбент, внесенный в грунт остается там и после очистки, что не противоречит природному происхождению всех его компонентов.		

Продолжение таблицы 1

	<p>Электрохимический</p>	<p>Методом очистки грунта, не нуждается выемки, является электрохимическая обработка. При электрохимическом методе в загрязненную почву погружаются электроды, к которым подводится постоянный электрический ток. Метод заключается в том, что большинство почв содержит в порах между частицами то или иное количество водных растворов солей и поэтому обладает электропроводностью. Многие загрязняющие вещества исчезают в почвенной воде и под воздействием электрического поля, перемещаются в направлении к электродам, осаждаются на них.</p>		
	<p>Сжигание</p>	<p>Экстренная мера при намеренные попадании нефти в водные источники. В зависимости от вида нефти и нефтепродукта уничтожается от 50 до 70% разлива, остальная часть просачивается в почву.</p>		
	<p>Дренажирование почвы</p>	<p>Разновидность промывки почвы с помощью дренажных систем; может сочетаться с использованием нефтеразлагающих бактерий.</p>		

Продолжение таблицы 1

Химические	Экстракция растворителем	Загрязненная почва и химических растворителей смешиваются в реакторе, в котором загрязненные вещества переходят в растворитель.	Разрушение хлорированной органики и нефти, фиксация тяжелых металлов.	Необходимы специальные емкости, приборы для промывки почвы; Внесение химических веществ-бактерий нефти не всегда безвредно для естественных почвенных биогеоценозов.
	Промывка почвы	Технологии химической очистки грунта это использование растворов поверхностно-активных веществ или сильные окислители (активный кислород и хлор, щелочные растворы). Эффективность при методе промывания составляет до 99%. После того как территория очищена, можно проводить ее рекультивацию.		
	Химическое восстановление-окисление	С помощью реакции восстановления-окисления, токсичные загрязняющие вещества переводят в менее токсичные соединения, более стабильные. В качестве реагентов берут озон, пероксид водорода, гипохлориды, хлор и диоксид хлора. Проведение реакций восстановления-окисления при ультрафиолетовом облучении способствует более эффективному протеканию процессов.		

Окончание таблицы 1

Биологические	Биоремедиация	<p>Применение нефтеразрушающих микроорганизмов. Происходит запашка культуры в почву, а так же подкормки растворами, ограничение по глубине обработки, температуре почвы (выше 15°C), процесс занимает 2-3 сезона.</p> <p>Биопрепараты могут применяться в виде: водных суспензий микроорганизмов; обезвоженной микробной биомассы; иммобилизованных на твердом носителе клеток микроорганизмов.</p>	<p>Использование природных углеводородутилизующих бактерий;</p> <p>Экологическая чистота и безопасность;</p> <p>минимальное нарушение физического и химического состава очищаемых объектов;</p> <p>дешевый и не трудоемкий;</p> <p>эффективность высока при низких концентрациях нефтепродуктов</p>	<p>Необходима запашка культуры на нужную глубину в почву;</p> <p>Сложность поддержания популяции микробов и сохранения их активности.</p>
	Фитоэкстракция	<p>Технология очистки засоренных нежелательными веществами почв методом фитоэкстракции — это выращивание определенных видов растений на загрязненных участках грунта.</p>		
	Фиторемедиация	<p>Целенаправленное усиление активности особой микрофлоры почвы, которая занимается разложением нефти. Также, допустимо добавление некоторых микробных культур в почву.</p> <p>В результате создаются хорошие условия для микроорганизмов, с помощью которых осуществляют утилизацию нефтепродуктов и нефти.</p>		

Основным недостатком механических, химических и физико-химических методов ликвидации нефтяного загрязнения почв с биологической точки зрения является либо подавление, либо полное уничтожение биотического потенциала почвенной экосистемы.

Таким образом, наиболее надежным в данное время способ для утилизации нефтезагрязненных почв и грунтов, является биологический метод, основан в использовании групп микроорганизмов, отличающихся высокой способностью к разложению компонентов нефти и нефтепродуктов.

Умение уничтожать трудные вещества антропогенного происхождения (ксенобиотики) у многих организмов. Данное свойство обеспечивается тем, что присутствие у организмов специфических ферментных систем, осуществляющих катаболизм таких соединений. Потому что микроорганизмы имеют очень большой способ разрушения ксенобиотиков, проявляют сущность к быстрой метаболической перестройке и обмену генетическим материалом, им придается огромное значение при разработке путей биоремедиации загрязненных объектов.

1.3 Сорбционная очистка почвы от нефтезагрязнений

Сорбенты нефтепродуктов – это вещества, предназначенные для размещения, сбора и уничтожения загрязнений, в результате разлива нефти вследствие нештатных ситуаций. Нефтяные сорбенты делятся на два вида: связывающие и абсорбирующие продукты.

Связывающие сорбенты образуют вязковатую, клейкую массу, сложны в утилизации и огнеопасны.

Абсорбирующие собирают загрязнитель, запирают их внутри себя и не выделяют обратно.

По способу действия сорбенты для сбора нефтепродуктов делятся :

– биологические (бактерии) - взаимодействуют только с определёнными загрязнителями. Процесс достаточно долгий, очистка не идеальная, её последствия плохо изучены;

– минеральные – достаточно тяжёлые, трудно перевозить, а так же в применение, сложны в утилизации, так как впитанный загрязнитель может вытекать обратно. Минеральные сорбенты не дорогие, но их применение нуждается в затратах, а утилизация очень дорога;

– синтетические материалы – действуют по принципу губки. Лёгкие, но объёмные. Только ручное применение, но пятно загрязнителя на воде нужно ограждать бонами. Впитывают огромные объёмы вредных веществ и легко возвращают его обратно при невысоком давлении. Декларируемое многократное использование в практике низко осуществимо в связи с высоким загрязнением техники и низкой возможностью впитывания. Очень сложно и затратно утилизируются, плохо хранятся после применения, так как

загрязняют площади и совсем не разлагаются. Высокая опасность возгорания.

Сорбция это наиболее эффективный метод глубокой очистки. Сорбционные очистки могут использоваться самостоятельно, а так же совместно с микроорганизмами, как метод предварительной и глубокой очистки. Плюсы такого способа являются возможность поглощения веществ и высокая степень очистки.

Сорбция - это процесс поглощение одного вещества из окружающей среды другим веществом, твердым телом или жидкостью. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощаемое - сорбатом. Различают адсорбцию, абсорбцию, хемосорбцию и капиллярную конденсацию. Поглощение вещества всей массой жидкого сорбента называется абсорбция, а поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента - адсорбция. Сорбция, происходит с химическим действием сорбента с поглощаемым веществом, называется хемосорбцией.

Процессы сорбции обладают избирательностью, потому что каждый сорбент может поглощать не все вещества или не поглощать вовсе и незначительно поглощать другие вещества.

Сорбционные методы является самым удобным для глубокой очистки грунта от растворенных органических веществ. Сорбционная очистка может использоваться самостоятельно или совместно с другими методами предварительной и глубокой очистки почв и грунта. Преимуществами этих методов являются возможность адсорбции веществ из многокомпонентных смесей и высокая эффективность при малых концентрациях загрязняющих веществ почвы.

Адсорбция – является единственным методом, способствующий очищать грунт от нефтепродуктов до требуемого уровня без внесения каких-либо вторичных загрязнителей.

Это процесс, происходящий на границе раздела фаз. Он затрагивает только верхние слои, взаимодействующих фаз, и не распространяется на глубинные слои этих фаз.

Адсорбцией называют явление накопления одного вещества на поверхности другого. В общем случае, адсорбцией называют изменение концентрации вещества на границе раздела фаз. Она происходит на различных межфазовых поверхностях и адсорбироваться могут любые вещества.

Поглощаемое вещество, ещё имеющееся в объеме фазы, называют адсорбтивом, поглощённое — адсорбатом. Вещество, на поверхности где происходит адсорбция – адсорбентом.

Адсорбция представляет собой возвратимый процесс. Процесс, обратный адсорбции, это явление называется десорбцией.

Удаление адсорбированных веществ с адсорбентов с помощью растворителей имеет название элюция.

Различают молекулярную и ионную адсорбцию. Это различие происходит из-за того, что адсорбируется – молекулы или ионы вещества.

В зависимости от периода, происходящим между аварийным нефтяным разливом и началом проведения работ по его ликвидации, осуществляется либо весь комплекс мероприятий, либо некоторые отдельные блоки. Анализ способов очистки нефтяных загрязнений почвы показывает, что качественное удаление нефтяных загрязнений не обходится без применения различных сорбентов.

На всех возможных этапах целесообразно применение нефтепоглощающих сорбентов. Разработкой нефтепоглощающих сорбентов занимаются во многих странах, но в большей степени привлекает направление с разработкой сорбентов из растительных отходов. В первую очередь такое связано с экологической безвредностью, из-за естественного происхождения, и одновременным решением проблемы утилизации отходов.

Нефтепоглощающие сорбенты представляют собой высокопористые вещества, обладающие гидрофобностью и высокими сорбционными свойствами по отношению к нефти и нефтепродуктов.

Способность поглощать загрязняющие вещества в количествах, превышающих по массе массу самого сорбента, обусловлена их развитой сорбционной поверхностью и большим поровым объемом. Сорбенты растительного происхождения определяются сорбционной поверхностью от 3-10 м²/г и временем насыщения сорбента до тридцати минут.

Качественное удаление нефтяных шламов при высоких уровнях загрязнения иногда не обходится без применения различных сорбентов. Среди возможного сырья в производстве сорбентов наиболее лучшими являются естественное органическое сырье и отходы производства растительного происхождения.

Такому сырью принадлежит торф, сапропели, отходы переработки сельскохозяйственных культур. Из данного сырья разработаны, в огромном количестве сорбенты, такие как «Сорбест», «РС», «Лессорб».

В качестве сорбентов используют природные материалы, отходы различных производств, активные угли синтетические сорбенты. Природные пористые материалы, например, торф, активные глины и производственные отходы (зола, коксовая мелочь, силикагели, алюмогели), обладают невысокой сорбционной емкостью, которая характеризуется количеством поглощаемого вещества на единицу объема или массы сорбента.

Для производства растительных сорбентов пригодны рисовая и гречишная шелуха, уже имеются разработки, а в Тунисе их производят из отходов производств оливкового масла. Выход готового сорбента с исходного сырья составляет примерно 30-50%. Если учесть, что в Казахстане имеют место сотни тысяч тонн неостребованной пшеничной и рисовой шелухи, кукурузных початков и, в этом случае есть смысл подумать о

производстве собственных сорбентов.

На сегодня не имеются способы полной ликвидации нефтяного загрязнения, как с водной поверхности, так и с поверхности суши. Сорбционные способы в виде химически нейтральных материалов позволяют решать проблемы устранения нефти экологически чистыми методами. Нефтепоглощающие сорбенты могут использоваться как при очистке почвы, так и на всех этапах борьбы с нефтяными разливами.

Чаще других сорбентов применяется, гранулированный активный уголь, имеющий частицы размером более 0,10 мм на 85-99%, состоящий из углерода.

Исходным сырьем для извлечения активного угля служат любые углеродсодержащие материалы: уголь, торф, древесина. Процесс изготовления высококачественных активных углей сложен и длителен, поэтому стоимость их достаточно высока.

Это приводит к необходимости частого использования активных углей. Пористость этих углей имеет 60-70%, а удельная поверхность 400-900 м²/г.

Адсорбционные свойства активных углей зависят от структуры пор, их величины, распределения по размерам. В зависимости от значительного размера пор активные угли делятся на крупно- и мелкопористые и смешанного типа.

Поры по размеру бывают трех видов: макропоры размером 0,1-2 мкм, переходные размером 0,004-0,1 мкм, микропоры размером менее 0,004 мкм. Макропоры и переходные поры играют, как правило, роль транспортирующих каналов, а сорбционная способность активных углей определяется в основном микропористой структурой. Растворенные органические вещества, с размерами частиц менее 0,001 мкм, заполняют объем микропор сорбента, полная емкость которых соответствует его поглощающей способности.

1.4 Очистка почвы от нефтезагрязнений при помощи биосорбентов

Главные приоритеты направлений в области охраны окружающей среды и природопользования является разработка и внедрение новых технологий восстановления почв методом биоремедиации, который заключается в самоочищения нефтезагрязненных территорий с участием углеводородоокисляющих микроорганизмов (бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы).

Данная технология биоремедиация имеет принцип самоочищения нефтезагрязненных территорий с участием аборигенной или привнесенной микрофлоры.

Активизация аборигенной микрофлоры направлена на создание

оптимальной среды для развития определенных групп микроорганизмов, использующих нефть в качестве источника питания, за счет внесения в почву минеральных удобрений, поддержания оптимальной температуры, влажности и кислотности среды с помощью агротехнических приемов.

Внесение в почву разных биопрепаратов (водной суспензии микроорганизмов, обезвоженной микробной биомассы, биосорбентов), в состав которых заложены некоторые культуры микроорганизмов, позволяющие увеличить эффективность процесса очистки почвы от нефти и нефтепродуктов за счет увеличения численности нефтеокисляющих микроорганизмов. Перспективным направлением по очищению объектов окружающей среды от нефти с помощью микроорганизмов является использование биосорбентов [5].

Нефтяные биосорбенты – это вещество с иммобилизованными культурами микроорганизмов, обеспечивающие биологическое разложение нефти и нефтепродуктов и биоремедиацию нефтезагрязнённой почвы.

Под термином «биоремедиация» понимают применение технологий и устройств, предназначенных для биологической очистки грунта и удаления из почвы загрязнителей.

Биоремедиация имеет два основных подхода:

– биостимуляция – это активизация разлагающей способности аборигенной микрофлоры внесением биогенных элементов, кислорода, различных субстратов;

Данный подход основан в росте природных микроорганизмов, живущих в загрязненной почве и способных утилизировать загрязнитель, но не способных делать это более эффективно из-за недостатка основных биогенных элементов (соединений азота, фосфора, калия) или неблагоприятных физико-химических условий. Исходя из лабораторных исследований с применением загрязненной почвы можно увидеть, какие компоненты и в каких количествах необходимо внести в загрязненный объект, для стимулирования роста бактерий, способных уничтожить загрязнитель [6].

– биодополнение – интродукция природных и генноинженерных штаммов-деструкторов чужеродных соединений.

Этот подход отличается тем, что биостимуляция образцов естественной микрофлоры проводится изначально в лабораторных и промышленных условиях (в биореакторах или ферментерах). В результате этого обеспечивается преимущества и избирательный рост некоторых микроорганизмов, которые могут более эффективно уничтожить загрязнитель. Активизированную микрофлору добавляют на загрязненную территорию вместе с нужными добавками, увеличивающие эффективность уничтожения загрязнителя биостимуляция в месте загрязнения.

Этот подход основан в росте микроорганизмов, обитающих в загрязненной почве, которые способны уничтожить загрязнитель, но не так

эффективно из-за недостатка основных биогенных элементов (соединений азота, фосфора, калия) или плохих физико-химических условий [6].

Для биоремедиации загрязнённых территорий, главное значение имеет концентрация загрязнителя. Чем выше концентрация загрязнения, тем оно дольше будет находиться в окружающей среде. Если его концентрация больше уровня токсичности для микроорганизмов, то биodeградация замедляется или прекращается. Существует и минимальный уровень концентрации субстрата-загрязнителя, ниже его недостаточно для жизнедеятельности биодеструкторов.

Невозможность размножения микроорганизмов-деструкторов при низких концентрациях ксенобиотиков – одна из причин недеградируемых остаточных концентраций этих поллютантов.

Биодоступность органических загрязнителей определена их сродством к водной, минеральной или газовой фазам среды. Адсорбция загрязнения на территории и в твердой фазе, механическое включение в почву, низкая растворимость и связанные остатки, образующиеся в результате химических реакций, пространственно разделяют сорбированное соединение и биологический агент, уменьшают поверхность их контакта и биодоступность ксенобиотика.

Гидрофобные загрязнения сорбируются в органическом веществе почвы. Гуминовые и особенно фульвокислоты, а также минерал монтмориллонит снижают биодоступность органических загрязнителей в почве. Ионизированные молекулы поллютантов очищаются как на органическом материале, так и на глинистых частицах почвы. В сорбцию поллютантов вовлечена так же почвенная микрофлора. При физическом связывании биодоступность субстрата зависит от скорости обмена между субстрат-содержащей частицей и ее окружением. Скорость обмена, бывает, ниже физиологических возможностей популяций потенциальных биодеструкторов.

Для эффективного роста бактерий-деструкторов необходимы биогенные элементы азот и фосфор. Дополнительное внесение этих макроэлементов требуется в системах биологической очистки сточных вод, при биоремедиации песчаных и супесчаных почв, разложении больших масс контаминантов, бедных биогенными элементами.

Для эффективных процессов биоремедиации и биоочистки температура-один из наиболее важных факторов окружающей среды.

В биокинетической зоне на границе биологически допустимых температур при повышении температуры на 10° скорость биодеструкции увеличивается приблизительно в 1,5-2 раза. Оптимальная температура для большинства микроорганизмов-биодеструкторов 30-37 °С.

Применение повышенных температур при биологической очистке - один из приемов увеличения биодоступности загрязнителя. Для этого используют термофильные микроорганизмы, разлагающие загрязнитель при температуре 60-70 °С. Процесс может протекать в результате пробивания

органического материала, загрязненного ксенобиотиком, или в комбинированном методе ремедиации почвы с одновременной обдувкой загрязнений нагретым водяным паром.

Для биодеградации в грунтовых средах необходима влага. Для аэробных микробиологических процессов оптимальная влажность почвы - 40-80% полной влагоемкости. Содержание воды в грунте влияет на скорость биодеградации в результате воздействия на жизнеспособность и активность почвенных микроорганизмов, структуру почвы и доступность загрязнения. При влажности от 75 до 100% (г воды на г сухой почвы) и выше возможно замедление скорости биодеградации вследствие уменьшения скорости переноса кислорода воздуха в почву и создания анаэробных условий.

Оптимальная влажность составляет 20% (г/г) или примерно 80% полной влагоемкости почвы и в значительной степени зависит от фракционного состава почвы, особенно от доли глинистой фракции.

Жизнедеятельность микроорганизмов замедляется при иссушении почвы. В ней возрастает скопление электролитов, что влияет на давление воды в порах и активность биологических процессов. Одновременно с уменьшением состава воды увеличивается поверхность контакта почва - загрязнение и уменьшается биодоступность контаминанта.

Кислотность почвы играет главную роль в разложении нефти и нефтепродуктов. Значения рН, близкие к нейтральным, являются оптимальными для роста на углеводородах большинства бактериальных микроорганизмов. В подзолистых почвах с кислой реакцией этот фактор имеет решающее значение при разложении нефти и нефтепродуктов. Поэтому, для создания рН, оптимального для их биоразложения, кислые почвы подвергаются известкованию.

Биопрепараты могут применяться как в: водных суспензий микроорганизмов; обезвоженной микробной биомассы; иммобилизованных на твердом носителе клеток микроорганизмов.

На основании выше сказанного, в настоящее время большой интерес представляет использование технологии биоремедиации нефтезагрязненных почв с помощью иммобилизованных на поверхности носителя микроорганизмов [4].

1.5 Применяемые биосорбенты

В настоящее время в России разработано значительное количество биосорбентов.

Наиболее широко применяются следующие марки биосорбентов таблица 3, отличительной особенностью которых является основа продукта.

Таблица 3- Виды биосорбентов

Название	Основа
Унисорб-Био	Карбамид
Spill Sorb	Торф, мох
С-Верад	Минерал
СТРГ	Графит

Представленные сорбенты чрезвычайно эффективны для решения вопросов по утилизации аварийных разливов нефтепродуктов.

В таблице 4 приведены сравнительные характеристики биосорбентов наиболее известных в РФ марок. Главными критериями, которые позволили определить лидерские позиции стали: сорбционная ёмкость, рабочая температура, степень очистки, скорость поглощения и способность к биоразложению.

Таким образом, при приблизительно одинаковых значениях степени очистки, представленные сорбенты отличаются по таким показателям, как рабочая температура, скорость поглощения и способность к биоразложению.

Исходя из данных таблицы 4, можно увидеть, что наибольшую сорбционную емкость проявляют сорбенты Унисорб-Био и СТРГ (30-60 г/г). Однако, сорбент СТРГ не способен к биодegradации (нет сведений).

При применении сорбента «Унисорб-Био» для ликвидаций последствий разлива нефти на почву, исчезает необходимость в его сборе с поверхности, извлечении, переработки и утилизации загрязненного грунта, задействуя при этом значительное количество техники, материальных ресурсов, что в результате позволяет снизить экономические издержки.

Данный сорбент содержит в своем составе, нефтеокисляющие микроорганизмы, а материал сорбент способен биологически разлагаться в почве, при этом имея высокую сорбционную емкость и степень очистки.

Таблица 4- Сравнение эффективности сорбентов

Характеристика	Сорбент серии «Унисорб- Био»	Сорбент серии «SpillSorb»	Сорбент серии «С-Верад»	Сорбент серии «СТРГ»
Основа	Карбамид	Торфяной сфагновый мох с 10% влажностью	Минерал с модифицированной углеродом гидрофобизированной поверхностью с внедренными бактериями	Графит
Внешний вид	Белая крошка (хлопья)	Сыпучий материал светло-коричневого цвет	Серебристо-желтые гранулы имеют микропористую, мезопористую и слоистую чешуйчатую макропористую структуру	Сыпучий продукт матового серо-черного цвета
Сорбционная емкость (поглощающая способность) кг/кг	30-60	4-8	Не менее 8кг нефти на 1 кг сорбента	Поглощает 50 кг нефтепродуктов на 1 кг собственного веса
Способность к биоразложению	Биоразлагается, содержит в своем составе нефтеокисляющие микроорганизмы	Естественная способность к биоразложению	Полная биodeградация	-
Время разложения сорбента	-	(не менее 110 суток).	не менее 90 суток	-
Расход из расчета на 1 тонну нефти в кг	200	1000	200	26
Рабочая температура	-25... +250 (для чистого сорбента) +5...+60 (для сорбента с микрофлорой)	+4... +35	-15...+50	-25...+300 (для чистого сорбента)
Скорость поглощения (мин)	30	30	30	5
Степень очистки,%	98-99,5	99,5	96-98	99,5

1.6 Технологические особенности процесса биоремедиации

Применяемые в биоремедиации почв методы можно разделить на *In situ* и *Ex situ*. В свою очередь метод *Ex situ* подразделяются на методы *On site* и *Off site* рисунок 1.



Рисунок 1- Классификация методов биоремедиации нефтезагрязнённых почв

По способу применения данной технологии обработки участка *in situ*, заключается в том, что загрязненный участок обрабатывается на месте (отсутствует выкапывание загрязненной земли экскаватором).

Биологические методы очистки грунта *in situ* определяются одними из распространенных недорогостоящие при их осуществлении, в основе этого лежит процесс разрешения органических загрязнений в почве микроорганизма. Выделяют биоаугментацию и биостимуляцию.

Биоаугментацию заключается в переработки культурами

нефтеокисляющих микроорганизмов совместно с внесением комплекса минеральных удобрений [13].

Биостимуляция представляет собой совокупность агротехнических мероприятий (вспашка почвенной поверхности для улучшения аэрации, добавление структураторов, минеральных веществ), которые проводят стимуляции для аборигенной почвенной микрофлоры.

Метод *ex situ*, эту обработку выкопанной загрязненной земли производят на специальном оборудовании. При этом имеются несколько видов обработки: *on site* (выкапывание загрязненной земли, далее обработка проводится на той же территории) и путем применения мобильных биореакторов.

Мобильные биореакторы доставляются на место нефтяного разлива, где в короткий период времени за счет интенсификации процессов очистки в биореакторе, происходит восстановление нарушенных земель и их возврат в окружающую среду при достижении нормативных значений.

Метод *off site* заключается в изъятии и обработки почвы вне места ее образования (выкопанная загрязненная почва транспортируется на специальный участок для очистки или для захоронения).

Данный метод используется путем стационарных и промышленных биореакторов, а также путем создания специализированных технологических площадок биоремедиации [13].

Доступными технологиями биологической очистки *in situ* являются биовентиляция (Ступин, 2009), усиленное биовосстановление и фитовосстановление (Даваева, 2009).

К методам биологической обработки почв *ex situ* относятся – восстановление извлеченной загрязненной почвы, распределенной по поверхности земельного участка в виде слоя; технология бионасыпи и обработка загрязненной почвы в биореакторах [11].

Перед проведением процесса биоремедиации *ex situ* используется специальная рабочая площадка, на которой будут производиться работы. Принципиальная технологическая схема биоремедиации почв загрязненных нефтью (*ex situ*) приведена на рисунке 2.

Она должна быть выровнена и на поверхность ее выкладывается изолирующий слой, который равномерно разравнивают, который равномерно разравнивают.

Нефтезагрязненную почву доставляют, далее распределяют по площади рабочей зоны равномерно, поверхность должна быть такая, чтобы толщина слоя без учета изолирующего слоя составляла не более 20 см.

Перед началом работ нужно произвести отбор проб почвы с площадки (рабочей зоны) и провести химический и микробиологический анализы проб в независимой специализированной лаборатории.



Рисунок 2 - Технологическая схема процесса биоремедиации *ex situ*

До внесения удобрений, грунт или почву разрыхляют для улучшения физического режима влагоемкости и аэрации. Нормы внесения минеральных удобрений рассчитывают исходя из общепринятой в сельскохозяйственной практике нормы действующего вещества по азоту, фосфору и калию на 1 га, а расчет производится в соответствии с характеристикой по ГОСТу использованного удобрения.

Далее проводится перемешивание, а также рыхление почвы. После рыхления осуществляется добавление культуры микробов-деструкторов нефти. Обработка участков микроорганизмами – деструкторами нефти производится с помощью поливочных машин.

После каждой обработки грунта микроорганизмами – деструкторами нефти отбираются пробы, и проводится химический и микробиологический анализы проб в независимой специализированной лаборатории.

Рабочая площадка может использоваться не один раз, при этом уже очищенный грунт нужно собрать и вывезти за пределы площадки и использовать. [Изучение процесса биокомпостирования нефтезагрязненных грунтов на модельных средах / Э.А. Крамм, Н.А. Кустова, А.Ю. Заборская// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2011. - №2. - С. 39.]

Основными оборудованьями для технологии биоремедиации *ex situ* являются: трактор, культиватор, поливная машина, смеситель, биореактор.

1.7 Существующие установки для очистки нефтезагрязнённого грунта

Обзор существующих технологических установок для очистки нефтезагрязнённого грунта представлен в Приложении А.

В результате патентного исследования установлено, что среди российских изобретений за последние 10 лет можно выделить устройства, близкие к разработанному устройству.

Общими тенденциями развития объекта исследования являются:

– применение биореакторов в которых происходит процесс переработки нефтепродуктов в результате жизнедеятельности нефтеокисляющих микроорганизмов;

– стремление к созданию мобильных или быстровозводимых комплексов для очистки нефтезагрязненных грунтов, в непосредственной близости от мест разливов.

При этом существующие оборудования отличаются сложностью в использовании с высокими капитальными затратами, а так же отсутствием маневренности.

1.8 Заключение к литературному обзору

В процессах разведки, добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов происходит их попадание в окружающую среду вследствие технологических потерь и аварийных ситуаций, что приводит к деградации природных экосистем, прежде всего почвенных. Для очистки нефтезагрязненных грунтов или почв применяются разные технологии, отличающиеся по способу деструкции нефтепродуктов (механические, физико-химические, биологические), аппаратному оформлению, длительности процесса, достигаемой эффективности, экономическим затратам. Перспективным направлением по очистке территории от нефти с помощью микроорганизмов является использование биосорбентов.

В настоящее время успешно развиваются технологии биоремедиации нефтезагрязнённых территорий. Перспективным направлением по очистке объектов окружающей среды от нефти с помощью микроорганизмов, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель или путем внесения различных биопрепаратов. При этом наиболее перспективно использовать биопрепараты, иммобилизованные в порах сорбирующих материалов. Использование сорбентов в качестве основы для микрофлоры позволит одновременно обеспечивать равномерное распределение микроорганизмов и контактирование с нефтяным загрязнением.

Таким образом, актуальной задачей является разработка новой высокоэффективной технологии очистки почв и грунтов от загрязнений нефтью и нефтепродуктами на основе процесса биосорбционных препаратов. При этом возникает необходимость создания автономных мобильных технологических комплексов, позволяющих осуществлять выработку загрязнённого грунта, его обработку биосорбентом на месте и выгрузку обработанного грунта обратно на территорию.

2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Техническое задание

1) Назначение

Разрабатываемая технологическая установка предназначена для очистки нефтезагрязнённых грунтов методом биоремедиации с применением биосорбентов и нефтеокисляющей микрофлоры.

2) Область применения

В местах разлива нефти и нефтепродуктов в том числе:

- ж/д магистрали ;
- на нефтеперерабатывающих предприятиях;
- на нефтеперекачивающих станциях;
- при добыче;
- при хранении.

3) Технические характеристики

– Производительность: 1000 кг нефтезагрязненного грунта за один цикл обработки.

– Продолжительность одного цикла обработки в среднем 1 час.

– Максимальная глубина проникновения нефти 40 см.

– Применяемый сорбент: Унисорб-Био (сорбент на основе карбамида), данный сорбент характеризуется пористой структурой, уникальными сорбционными свойствами, что позволяет собирать за короткое время значительное количество нефти и нефтепродуктов.

4) Требования к конструкции и комплектации

- Эффективность использования
- Надежность
- Экономичность
- Мобильность

2.2 Разработка технологической схемы

Разрабатываемый технологический комплекс предназначен для очистки нефтезагрязненного грунта. Рекультивация (биоремедиация) загрязненных нефтью земель проводится последовательно в несколько этапов рисунок 3.

Вначале производится выемка грунта и его загрузка в перемешивающее устройство, в качестве которого можно использовать, например смеситель барабанного типа. Предварительно, при необходимости, осуществляется рыхление уплотненного грунта, при помощи специального разрыхлителя. В смеситель, при помощи специального дозирующего устройства, подают в требуемом количестве биосорбента. Дополнительно в

смеситель подается биологически активная субстанция в виде водной суспензии нефтеокисляющих бактерий. Затем производится интенсивное перемешивание с образованием однородной смеси нефтезагрязнённого грунта с биосорбентом и биосуспензией. Полученная смесь выгружается обратно на место выемки, где и происходит биологическая деструкция углеводородов нефти. При этом одновременно происходит полное разложение биосорбента, что исключает необходимость дальнейшей обработки.

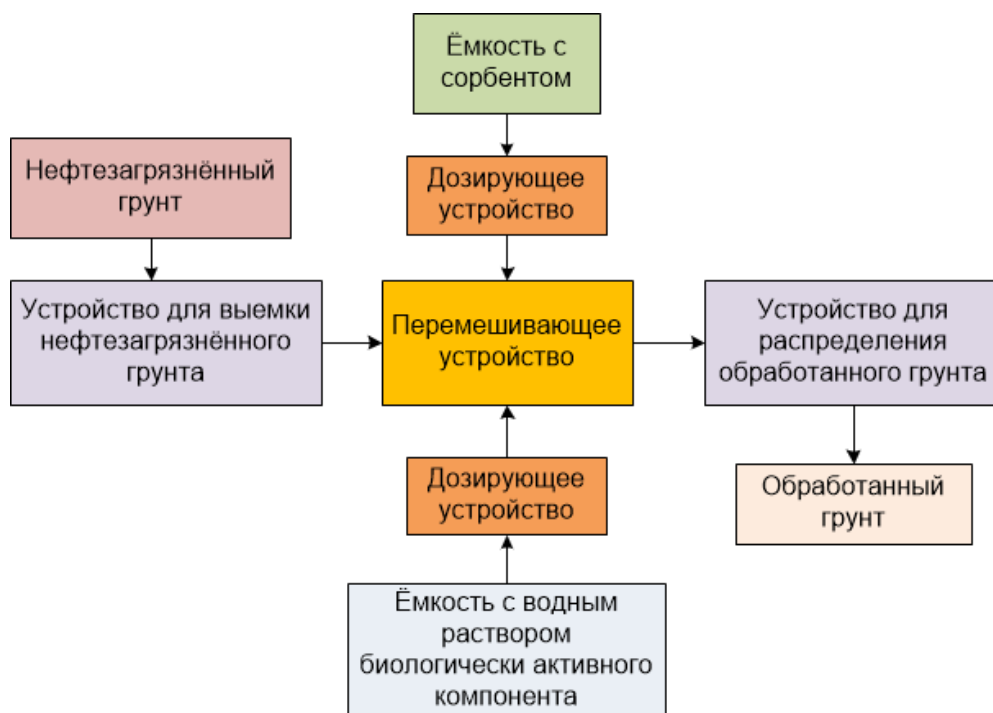


Рисунок 3 - Технологическая схема установки для очистки нефтезагрязнённых грунтов

2.3 Расчёт основных параметров установки

В ходе выполнения работы были определены основные геометрические параметры установки на основании расчета материального баланса. Вычисления были выполнены с применением программного пакета Mathcad. Алгоритм расчета приведен в Приложении Б.

Таки образом были определены следующие параметры, представленные в таблице 5.

Таблица 5- Параметры установки

Наименование	Значение
Масса загрузки нефтезагрязнённого грунта	1000 кг
Нефтеёмкость сорбента	30 кг/кг
Средний объем загрузки нефтезагрязненного грунта	593 л (0,593 м ³)
Суммарный объем загрузки барабана	1293 л
Масса сорбента на одну загрузку	10 кг
Объем сорбента на одну загрузку	500 л (0.5 м ³)
Объем сорбента на пять загрузок	2.5×10 ³ л (2.5 м ³)
Габариты емкости для сорбента (ДхШхВ)	2000 мм × 1500 мм× 920мм
Площадь обрабатываемой поверхности, соответствующее одной загрузке	1.5 м ²
Режим работы	Двухсменный по 8ч
Выработка за сутки	23.7 м ²
Тип привода	Электродвигатель с редуктором эксцентрикового типа
Мощность электродвигателя	4.974 кВт

2.4 Разработка конструкции установки

В соответствии с техническим заданием, для реализации данной технологии разработана конструкция мобильного технологического комплекса, обеспечивающего выполнение следующих операций: выемка нефтезагрязнённого грунта на необходимую глубину; загрузка грунта, биосорбента и водной суспензии нефтеоксилирующих бактерий; перемешивание и выгрузка обработанной смеси обратно на место выемки. Для осуществления технологического процесса в соответствии с принципиальной схемой новой высокоэффективной технологии очистки почв и грунтов от загрязнений нефтью и нефтепродуктами на основе процесса биоремедиации с применением специальных биосорбционных препаратов.

2.4.1 Разработка перемешивающего устройства

Разработанный мобильный технологический комплекс представляет собой набор оборудования, размещаемого на автомобильном, малогабаритном шасси. Для данных целей подходит, например, автомобиль с самозагрузкой « FIORI DB 110», внешний вид которого показан на рисунке 4 [20]. Но также могут быть использованы другие аналогичные машины.

Данный автомобиль гарантирует маневренность и функциональность на площадках с ограниченным пространством. Самопогрузчик с шарнирно-сочлененной рамой и качающимися мостами с блокировкой дифференциалов

подходит для использования, как в городских районах, так и на пересеченной местности.

Основные преимущества этого небольшого автомобиля с самозагрузкой: реверсивный ход, полный привод и двухконусный смесительный барабан с двойной спиралью и вогнутой нижней частью.

Самозагружающийся автомобиль представляет собой систему для производства и интенсивного смешивания смеси, позволяющую выполнять загрузку, дозирование и смешивание силами одного оператора. Помимо того, что устраняет затраты на перевозку, снижаются дополнительные расходы, связанные с простоем транспортных средств, и нерациональное использование материала.

Полученная смесь выгружается посредством подвижного лотка, зону выгрузки можно увеличить с помощью дополнительных разгрузочных лотков. Благодаря концевому выключателю исключается выгрузка готовой смеси без подсоединенных лотков.

Таблица 6- Технические характеристики самопогрузчика с перемешивающим устройством

Наименование	Характеристика
Производительность	1.1 м ³ /цикл
Циклов за час	4
Объем барабана	1650 л
Количество лопаток в барабане	2
Загрузка	задняя
Объем ковша	350 л
Дизельный мотор	YANMAR 36 кВт / 49 л.с. турбо
Трансмиссия	гидростатическая / сочленённая рама
Скорость	18 км/ч
Вес	3050 кг



Рисунок 4- Самопогрузчик с перемешивающим устройством

Данная машина высокой производительности, но небольших размеров рисунок 5 приспособлена для проведения крупных работ с непревзойденной маневренностью и стабильностью, благодаря полному приводу, шарнирной раме и качающемуся дифференциальному мосту.

Благодаря своей экономичности, простоте эксплуатации и дневной производительности самозагружающуюся бетономешалку можно считать идеальной для работ в недоступных местах.

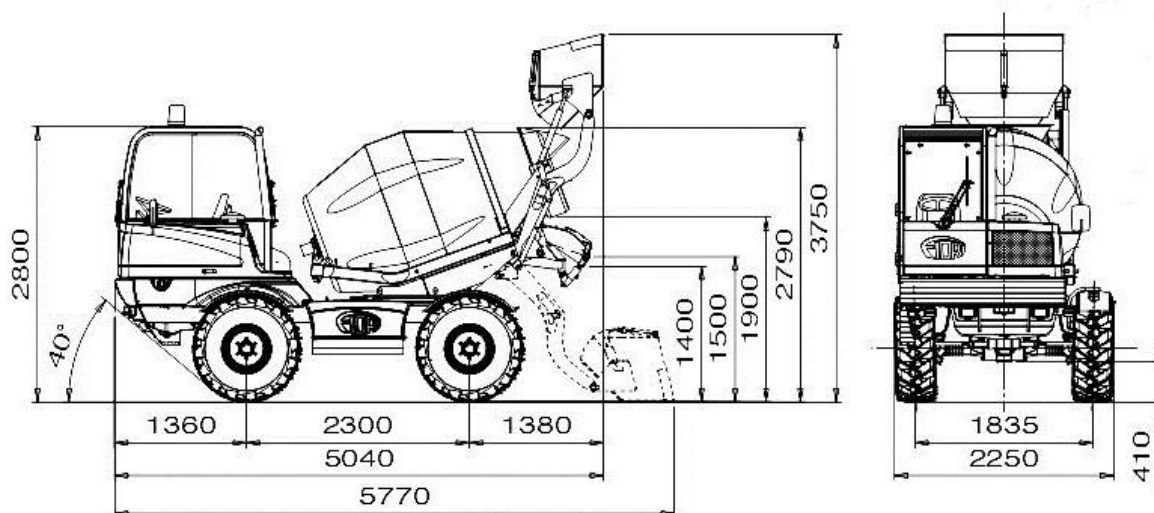


Рисунок 5- Габаритные размеры самопогрузчика с перемешивающим устройством

Перемешивающее устройство по принципу действия является гравитационным. У барабанов данного типа смесь получается за счет естественного перемешивания при помощи лопастей в барабане, которые постоянно вращаются.

Особая конструкция барабана и внутренних лопаток позволяет обеспечить более интенсивное и качественное перемешивание смеси. Гарантируется однородное смешивание смеси выше, чем на смесительных барабанах других типов. Наиболее важным параметром перемешивающего устройства является объем приготовленной за один раз смеси. В смесительный барабан рекомендуется производить загрузку не более чем на $\frac{2}{3}$ его общего объема.

На основании расчетов было установлено, что требуемый объем барабана должен составлять не менее чем 1293 литров. В результате этого был выбран смесительный барабан объем, которого составляет 1650 литров, что идеально подходит для обеспечения интенсивного и однородного перемешивание компонентов.

Исходя из полученного объема загрузки, подбираем и рассчитываем габаритные размеры смесительного барабана рисунок 6.

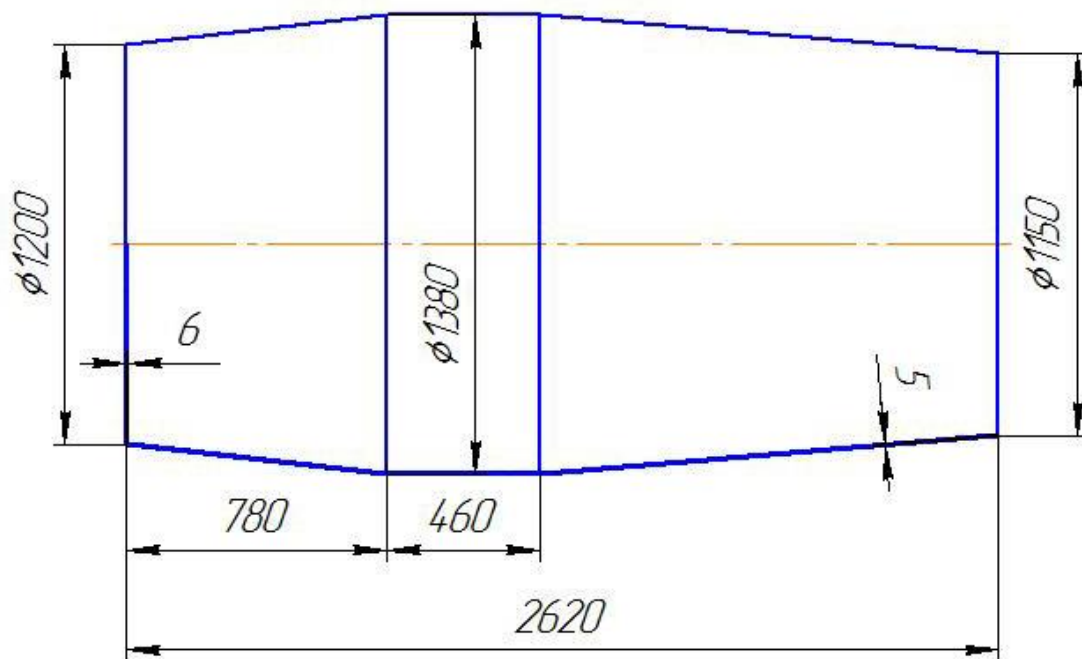


Рисунок 6 – Габаритные размеры барабана

Барабан приводится в движение при помощи специального привода на основе эксцентрикового редуктора рисунок 7.

На основе литературного обзора сделан вывод, что наиболее рациональной компоновкой смесительного барабана является применение редуктор эксцентрикового типа рисунок 7 [13].

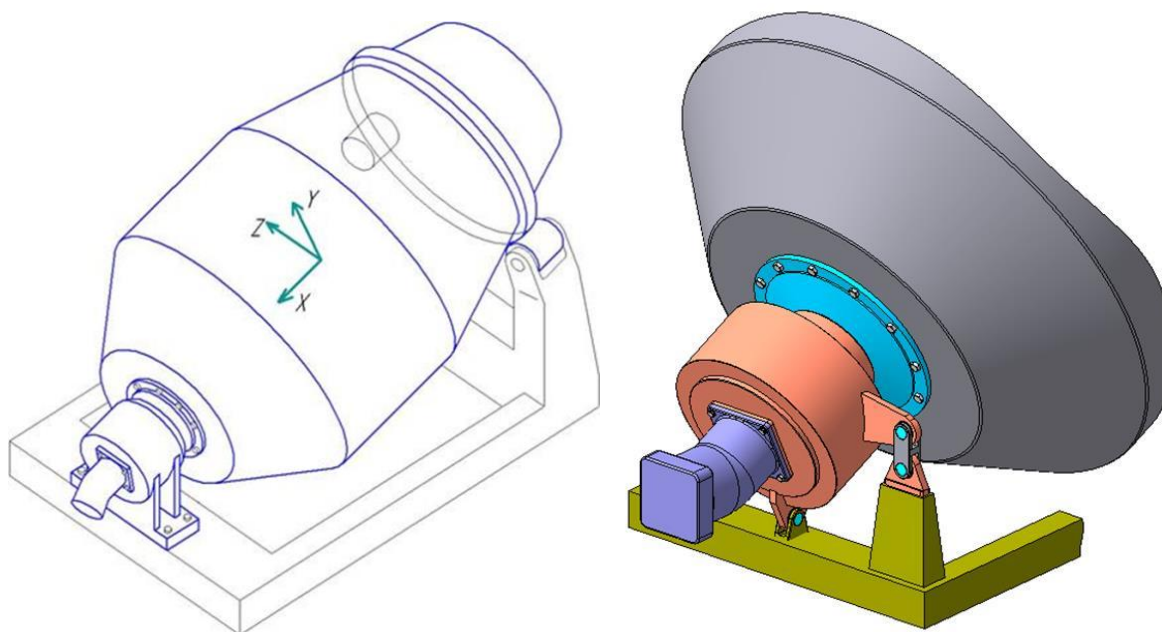


Рисунок 7- Привод на основе эксцентрикового редуктора

Данный смесительный барабан, приводится во вращение за счет гидравлического планетарного редуктора, его выходной вал жестко соединен с корпусом барабана. Верхняя часть барабана через бандаж опирается на два катка, установленных на раме. Корпус редуктора также жестко закреплен на раме агрегата, которая установлена на автомобильном шасси. Последнее обстоятельство усиливает значение самоустанавливаемости.

Проблема самоустанавливаемости решается при помощи внешних опор редуктора. Здесь упрощен специальный подшипник, зубчатая муфта и сферический подпятник. Вместо специального воротникового уплотнения выходного вала применена обычная манжета. Выходной вал установлен на двух обычных роликовых конических подшипниках, а водило второй планетарной ступени жестко соединено с этим валом.

Для движения нашего барабана используется редуктор эксцентрикового типа «ЭР -150» с передаточным отношением 150 разработке ООО «СКБ «Механика» (г. Красноярск). Внешний вид редуктора представлен на рисунке 8.

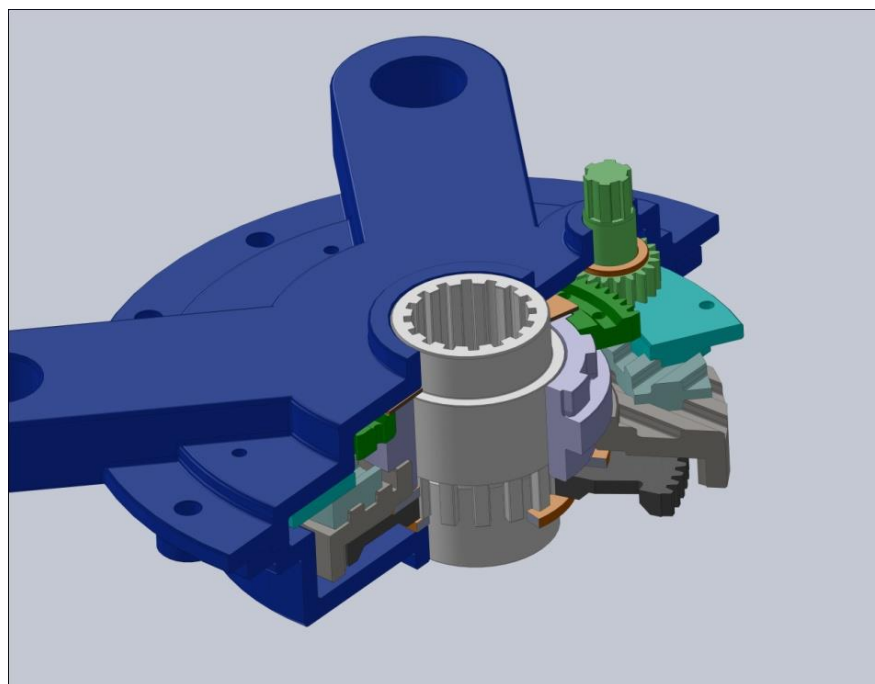


Рисунок 8 -Внешний вид редуктора эксцентрикового типа «ЭР -150»

Принудительная схема привода смесительного барабана представлена на рисунке 9 . На данном рисунке показано соединение корпуса редуктора со смесительным барабаном

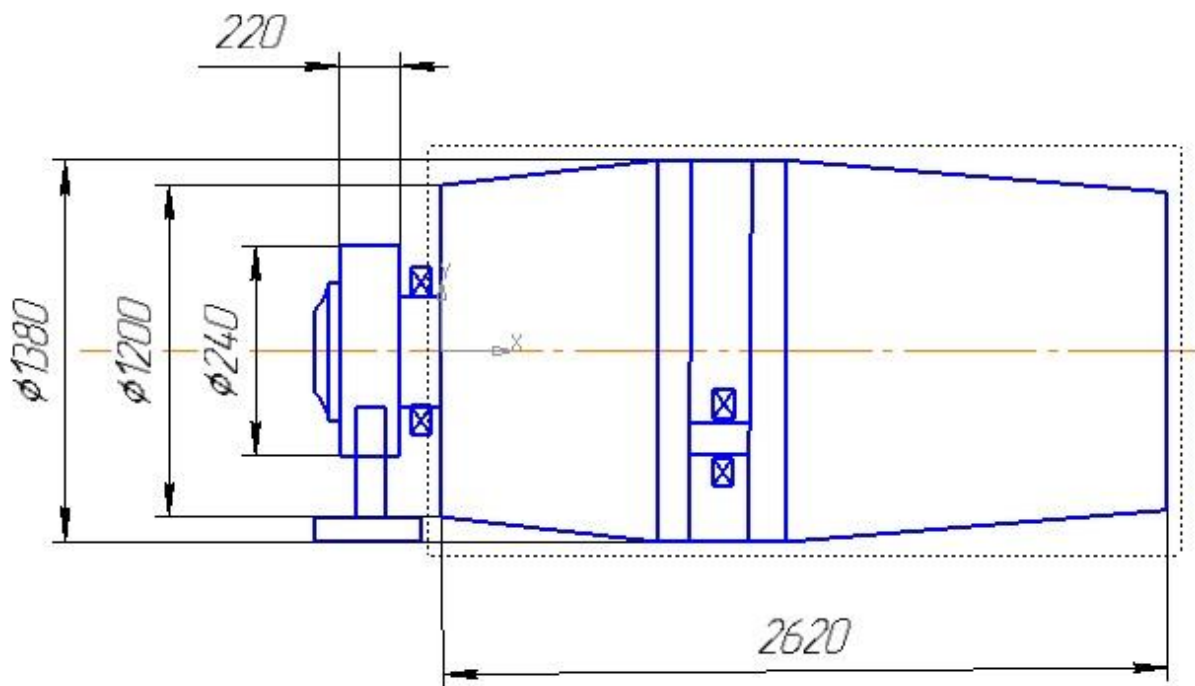


Рисунок 9- Принципиальная схема привода смесительного барабана

2.4.2 Разработка устройства для подачи сорбента

Емкость для хранения биологического сорбента представляет собой сварной алюминиевый бак. Алюминиевые баки имеют ряд преимуществ, по сравнению с баками других металлов они не подвержены коррозии, как баки из черной стали, более легкие по сравнению с емкостями из нержавеющей стали, а соответственно удобнее в перевозке. Так же с точки зрения стоимости и долговечности, емкости из алюминия являются оптимальными, так как стоимость алюминия значительно ниже, чем у нержавейки. Такие баки могут быть отремонтированы или восстановлены, тем самым прослужат гораздо дольше. Предпочитается использовать алюминий толщиной 3 мм, такие баки более прочны.

Данная емкость включает в себя, отверстие для загрузки сорбента, для фильтрации и дозирующего устройства.

Из литературы известно, что плотность сорбента составляет 20 кг/м^3 , а нефтёмкость 30 кг, таким образом, можем посчитать массу сорбента, необходимую для обработки, которая будет равна 10 кг.

Исходя из этого, определяем объем для сорбента на одну загрузку, который равен $0,5 \text{ м}^3$ (500 литров). Расчеты параметров представлены в (Приложение Б).

Габаритные размеры емкости представлены на рисунке 10.

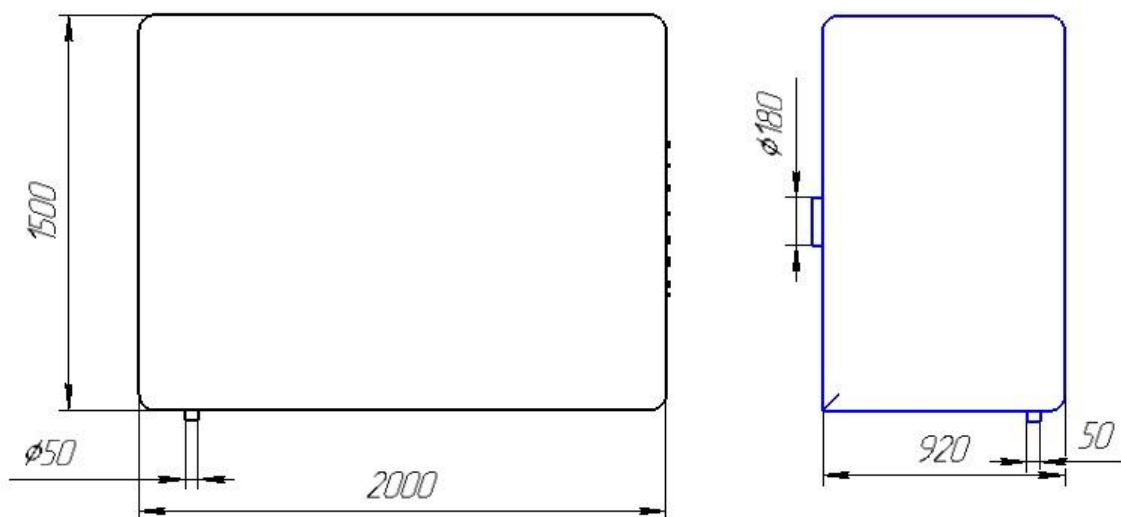


Рисунок 10 – Габаритные размеры емкости для сорбента

В качестве дозирующего устройства, для подачи сорбента в перемешивающее устройство, рекомендуется использовать, например, «Вихревая воздуходувка ВЛ-150-440» [18]. Это стандартные вихревые воздуходувки довольно не плохого качества. Такое оборудование имеет небольшой вес, компактные габариты, в следствие чего, удобны в установке и эксплуатации рисунок 11. Воздуходувка оснащена входным и выходным патрубком. Выбранная вихревая воздуходувка имеет не высокую производительность таблица 7, что идеально подходит для разработки нашей конструкции.

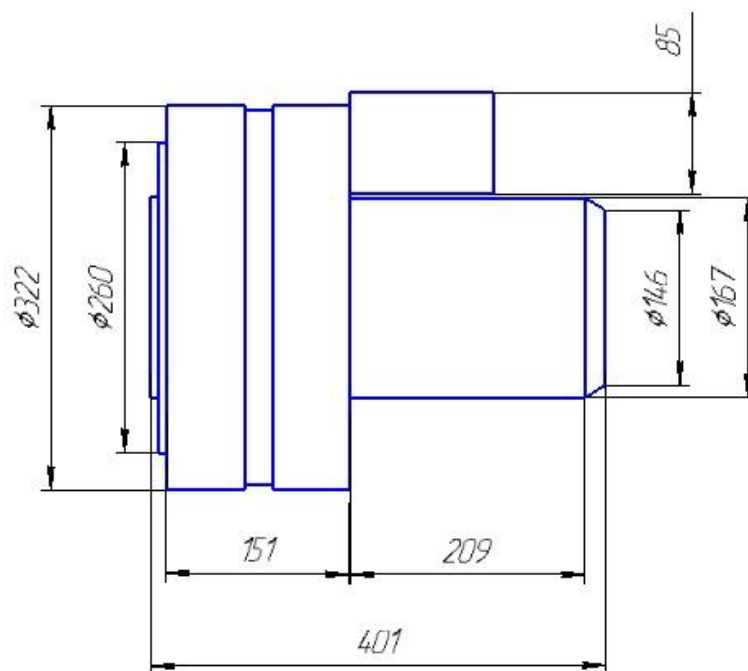


Рисунок 11 – Габаритные размеры воздуходувки

Таблица 7- Технические характеристики «Вихревая воздуходувка BL-150-440»

Наименование	Характеристика
Расход м ³ /ч	150
Избыточное давление, мбар	440
Мощность, кВт	2.2
Напряжение, В	380
Входной патрубок, мм	40
Выходной патрубок, мм	40
Вес, кг	27

Сорбент при помощи вихревой воздуходувки подается в перемешивающее устройство через гибкие армированные шланги из ПВХ рисунок 12. Гибкие трубы из такого материала имеют некоторые особенности, с помощью которых широко и успешно применяются, такие как: устойчивость к воздействию влаги, стойки к воздействию окружающей среды, долговечны, возможность применения их как внутри, так и в открытой местности. Такие шланги из пластичного, устойчивого к ударам и давлению ПВХ, армированный усиливающей спиралью. Внутренняя поверхность гладкая, а внешняя немного ребристая. Гибкие армированные шланги легкие и имеет возможность сгибаться под любым углом.



Рисунок 12- Гибкие армированные шланги

2.4.3 Разработка устройства для подачи водного раствора с биологически активным компонентом

Для обеспечения увлажнения грунта и повышения эффективности процесса, необходимо добавлять 200 грамм раствора на каждый килограмм смеси. Следовательно, для обработки одной загрузки массой 1000 кг потребуется 200 литров воды. Таким образом, принимаем объем резервуара для хранения раствора на борту равным 1000 литров.

В качестве накопительной емкости для водного раствора с биологически активным компонентом применяем бак из алюминия, габаритные размеры представлены на рисунке 13, свойство и характеристики используемого бака были ранее описаны в пункте 2.3.2.

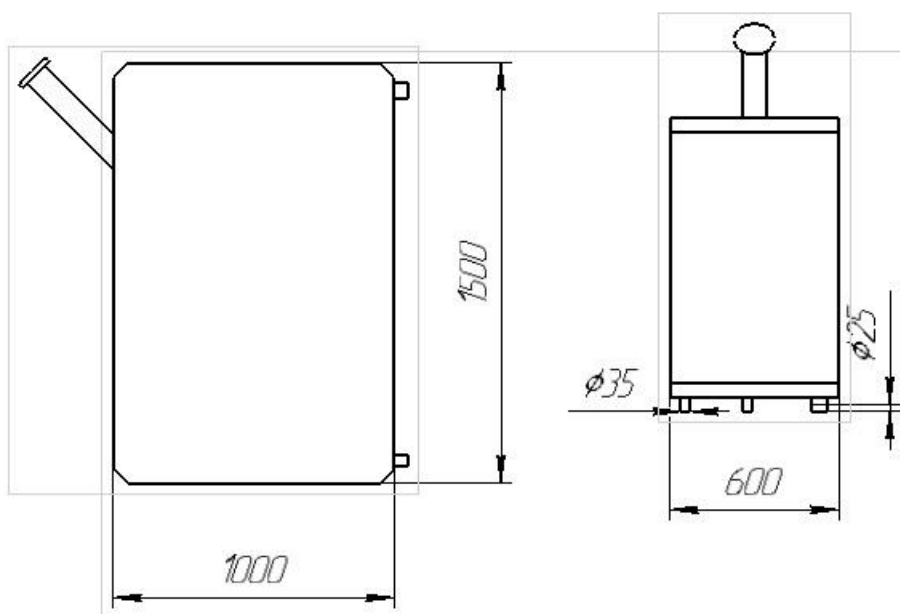


Рисунок 13- Габаритные размеры емкости для водного раствора с биологически активным компонентом

Водный раствор с биологически активным компонентом будет подаваться из алюминиевой емкости в перемешивающее устройство, например, при помощи центробежного «Поверхностного насоса JS 110» рисунок 14. Поверхностные самовсасывающие насосы предназначены для подачи воды из накопительной емкости [19].

Самовсасывающий центробежный насос малогабаритный, имеет небольшую мощность, неплохи показатели напора и производительности. Технические характеристики насоса представлены в таблице 7.

Таблица 7- Технические характеристики «Поверхностного насоса JS 110»

Наименование	Характеристика
Производительность	3,3 м ³ /ч
Напор	47 м
Потребляемая мощность	1,7 Вт
Напряжение	230 в
Рабочее давление	6 бар
Диаметр входа	1 дюйм
Диаметр выхода	1 дюйм
Вес	19 кг

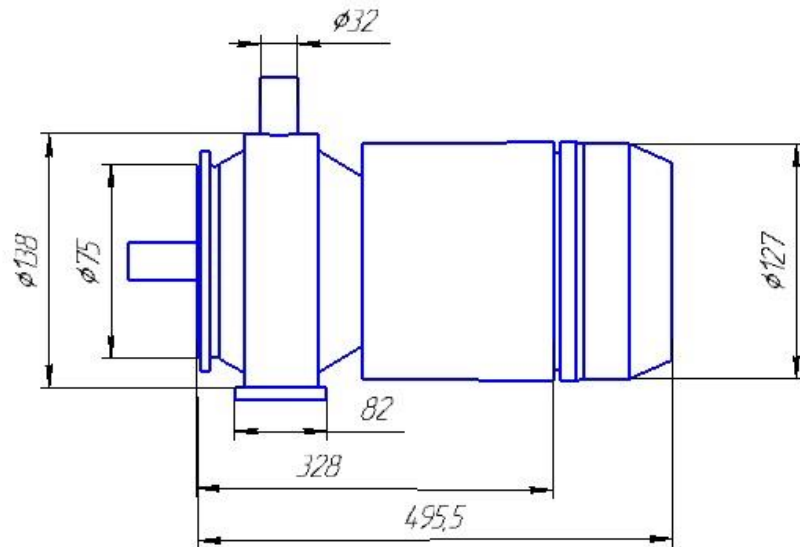


Рисунок 14- Габаритные размеры поверхностного насоса

2.4.4 Расчет мощности привода смесительного барабана

Основными характеристиками привода являются передаточное отношение редуктора и мощность двигателя.

В качестве передаточного механизма применяем редуктор эксцентрикового типа «ЭР -150» с передаточным отношением 150 разработке ООО «СКБ «Механика» (г. Красноярск).

На рисунке 15 представлена расчетная схема мощности привода, данная схема имеет смещение центра массы загрузки относительно оси вращения барабана $e = 200$ мм, число оборотов барабана $n = 20$ об/мин.

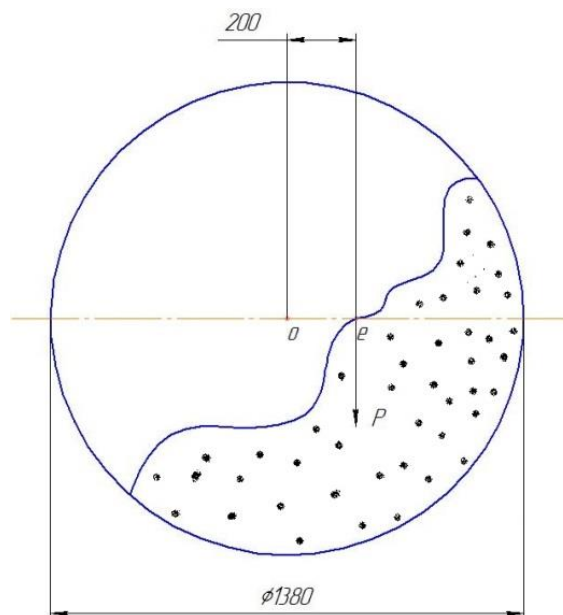


Рисунок 15- Расчетная схема для определения мощности привода смесителя

Вычисления мощности привода смесителя были выполнены с применением программного пакета Mathcad. Алгоритм расчета приведен в Приложении Б.

2.4.5 Прочностной расчёт толщины стенки барабана

Толщину стенки барабана следует рассчитать по формуле

$$s \geq s_p + c, \quad (1)$$

где s – толщина стенки;

c – поправка на коррозию;

s_p – расчётная толщина стенки.

Расчетная толщина стенки находится по формуле

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p}, \quad (2)$$

где $p = 0,64$ МПа – расчётное давление;

$D = 1200$ мм – диаметр барабана;

$[\sigma] = 154$ МПа – допустимое напряжение;

$\varphi_p = 1$ – коэффициент сварного шва.

При изготовлении барабана применяют ВСт 3 (S до 20 мм), исходя из ГОСТ-52857.2-2007 (ГОСТ 14249-89) [17].

Таким образом, находим толщину стенки и расчетную толщину стенки по формуле (1) и (2)

$$s_p = \frac{0,64 \cdot 10^6 \cdot 1200}{2 \cdot [154 \cdot 10^6] \cdot 1 - 0,64 \cdot 10^6} = 2,5 \text{ мм},$$

С учётом поправки на коррозионный и эрозионный износ (2 мм) и округлив полученное значение до ближайшего большего стандартного значения

$$s = 5 \text{ мм}.$$

Находим допускаемое внутреннее избыточное давление

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}, \quad (3)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot [154 \cdot 10^6] \cdot 1 \cdot (6 - 3,5)}{1200 + (6 - 3,5)} = 0,64 \text{ МПа}.$$

2.4.6 Эскизная модель установки

В ходе выполнения работы была разработана эскизная модель установки при помощи системы автоматизированного проектирования Компас 3D.

Разработанный мобильный технологический комплекс представляет собой набор оборудования, размещаемого на автомобильном малогабаритном шасси 1 рисунок 16. Нефтезагрязнённый грунт помещается в смеситель барабанного типа 2 при помощи ковшевого погрузчика 3, смонтированного на том же шасси. Биосорбент из ёмкости 4 подаётся в нужном количестве в смеситель 2 при помощи вихревой воздушной трубки 5. Для повышения качества обработки в смеситель 2 дополнительно с помощью насоса 6 подаётся биологически активная субстанция (в виде водной суспензии нефтеокисляющих бактерий) из резервуара 7. Далее происходит интенсивное перемешивание с образованием однородной смеси нефтезагрязнённого грунта с биосорбентом и биосуспензией. После этого полученная смесь выгружается посредством подвижного лотка 8 обратно на место выемки, где будет происходить биологическая деструкция углеводородов нефти. Вращение барабана происходит за счет передаточного механизма, в качестве этого применяем редуктор 9 эксцентрикового типа «ЭР -150».

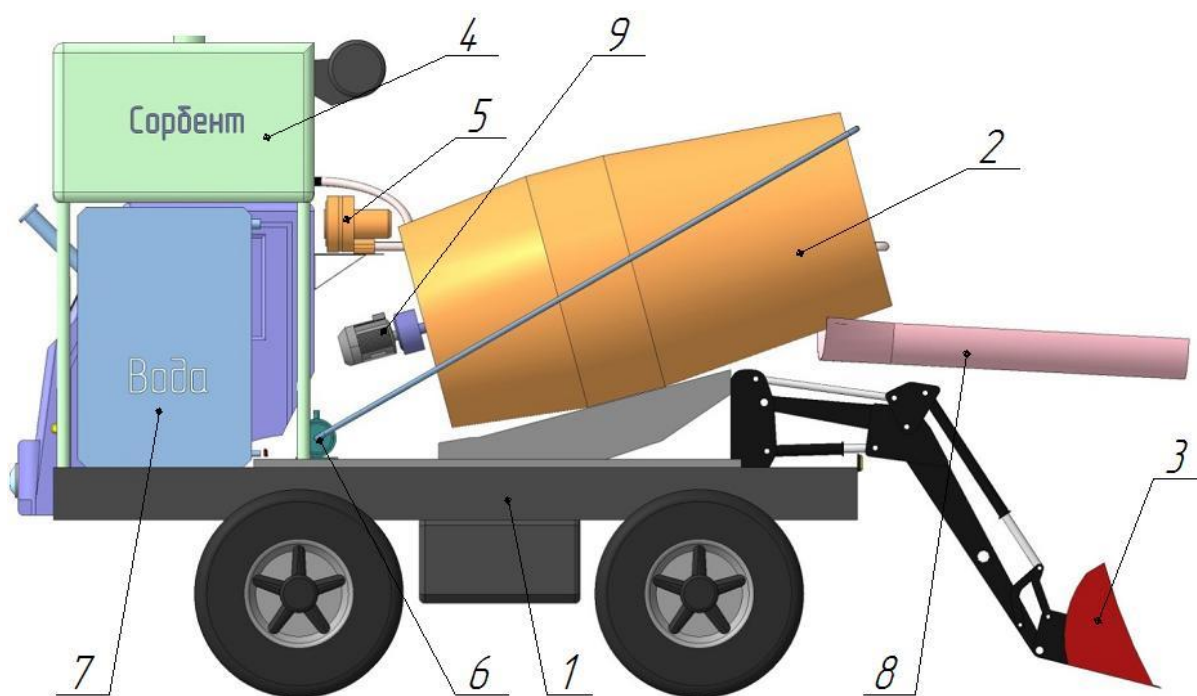


Рисунок 16 - Эскизная модель установки

Таким образом, предлагаемый мобильный технологический комплекс позволяет эффективно проводить очистку территорий от разливов нефти и нефтепродуктов с производительностью до 1 т/ч по нефтезагрязнённому грунту, что соответствует обрабатываемой площади 23 м² в сутки при двухсменном режиме работы.

3 ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ

Одной из стадий технической подготовки является технологическая подготовка производства. Именно она гарантирует полную готовность предприятия к выпуску новой продукции с установленным качеством, таким образом, может быть осуществлено на технологическом оборудовании, обладающий высокий технический уровень, обеспечивающий наименьшие трудовые и материальные затраты. Технологическая подготовка производства производится в соответствии с требованиями стандартов технологической подготовки производства и предусматривает решение следующих задач:

- обеспечение высокой технологичности конструкций, что достигается тщательным анализом технологии изготовления каждой детали и технико-экономической оценкой возможных вариантов изготовления;

- проектирование технологических процессов, включающее разработку процессов традиционной (основной для данного типа производства) обработки, а индивидуальных технологических процессов, разработку технических заданий на спецоснастку и специальное технологическое оборудование (проектирование средств технологического оснащения проводится в порядке, принятой для конструкторской подготовки производства);

- структурный анализ изделия и на его основе составление межцеховых технологических маршрутов обработки деталей и сборки изделий;

- технологическую оценку возможностей цехов, основанную на расчете производственных мощностей, пропускной способности.

- разработку технологических нормативов трудоемкости, норм расхода материалов, режимов работы оборудования;

- планирование технического обслуживания и ремонта оборудования;

- изготовление средств технологического оснащения;

- плановый предупредительный ремонт изношенность отладку технологического комплекса (производится на установочной серии изделий) - технологического процесса, оснастки и оборудования;

- разработку форм и методов организации производственного процесса;

- разработку методов технического контроля.

3.1 Система планово-предупредительного ремонта

Разработанный мобильный комплекс включает в себя автомобильное шасси и размещенное на нем технологическое оборудование, которые во время эксплуатации изнашиваются. Для обеспечения работоспособного состояния и увеличения срока службы требуется проводить техническое

обслуживание по системе планово-предупредительного обслуживания и ремонта. Система называется предупредительной, потому что главное в этой системе является постоянное проведение технического обслуживания, направленного на предупреждение дефектов и неисправностей машин, а так же снижения износов.

Плановой система называется, так как виды технического обслуживания проходят по заранее составленным графикам в обязательном порядке и с определенным объемом работ.

Система планово-предупредительного ремонта включает в себя ряд организационных и технических мероприятий, направленных на устранение износа машин, аварий, а так же обеспечение и поддержание производства в работоспособном техническом состоянии.

Главная цель системы (ППР) ремонта является восстановление и возвращение машин в работоспособное состояние при невысоких затратах. Системы планово-предупредительного ремонта заключается в следующем, что после отработки оборудования, проводят плановые виды ремонта. Система такого ремонта предусматривает:

- установление осмотров и ремонтных работ, время, которое зависит от условий эксплуатации оборудования, его конструкции и назначения;
- технический осмотр и различные виды ремонта оборудования после определенного числа часов его работы;
- снижение стоимости работ по ремонту оборудования;
- повышение производительности оборудования и улучшение его эксплуатационных качеств путем модернизации в ходе планового ремонта.

Система планово-предупредительного ремонта в зависимости от технической сложности ремонтных работ включает в себя:

- межремонтное обслуживание;
- профилактические осмотры;
- текущий ремонт;
- средний ремонт;
- капитальный ремонт.

Межремонтное обслуживание заключается в повседневном уходе за оборудованием. К такому обслуживанию относится:

- наблюдение за состоянием;
- выполнение предусмотренных правил эксплуатации оборудования;
- осмотр, регулирование механизмов, контролирование о наличие смазки; удаление незначительных повреждений.

Профилактический осмотр оборудования происходит в определенные промежутки времени, которые устанавливаются для каждой машины. Работы, которые проходят при проведении осмотра:

- контроль состояния изнашивающихся узлов и деталей;
- замена деталей;
- ремонт системы смазки, охлаждения, подогревания;

- проверка состояния привода, крепежных деталей, зубчатых, цепных и других видов передач, подшипников, сальниковых уплотнений, предохранительных и защитных устройств;

- проверка качества межремонтного обслуживания.

Осматривание оборудования проходит по установленному графику, в любое время, даже если не существуют нарушения процесса производства. Иногда требуется остановка оборудования.

К текущему ремонту относится не большой вид ремонта, обеспечивающий стандартную эксплуатацию машины до следующего планового ремонта. Текущий ремонт заключается в устранении неисправностей, замены и восстановления быстроизнашивающихся деталей, либо выполнении регулировочных работ. Такой вид ремонт проводится на месте установки оборудования. Работы, выполняющие при текущем ремонте:

- частичная разборка машины, поддетальная замена изношенных и загрязненных узлов, их промывка и чистка узлов, осмотр;

- регулировка и замена подшипников, зачистка царапин и забоин на трущихся поверхностях;

- замена изношенных деталей, которые не могут выдержать нагрузку, до следующего ремонта;

- ремонт и промывка систем смазки, охлаждения и подогревания, замена старой смазки;

- замена деталей.

Средний ремонт восстанавливает эксплуатационные характеристики оборудования ремонтом или заменой изношенных и поврежденных деталей, проверка технического состояния других оставшихся частей для устранения неисправностей. При таком ремонте можно производить капитальный ремонт отдельных частей. Данный вид ремонт происходит на месте установки оборудования без его демонтажа. Работы, выполняющие при среднем ремонте:

- проверка всех механизмов машин и частичная разборка;

- ремонт отдельных узлов, а так же замена деталей;

- проверка и замена изношенных деталей;

- чистка всех подшипников, замена подшипников;

- проверка и смена изношенных уплотнений, а так же крепежных деталей;

- сборка машины.

Во время капитального ремонта происходит полная разборка машины, замена и ремонт изношенных узлов и деталей. Виды работ при капитальном ремонте:

- поддетальная разборка всех узлов оборудования;

- замена всех износившихся узлов и деталей, восстановление по установленным техническим требованиям;

- проверка, чистка и ремонт воздухопроводов, трубопроводов с установленной запорно-регулирующей арматурой;
- регулирование или замена всех приборов автоматического контроля и управления;
- покраска нужных частей, либо всей машины;
- проверка, регулирование и испытание.

Во время капитального ремонта проводится модернизация оборудования.

3.2 Ремонт перемешивающего устройства

Перемешивающее устройство применяется для смешивания нефтезагрязнённого грунта с биосорбентами и суспензией с биологически активными компонентами и обеспечения однородного состава смеси.

Эксплуатацию смесительного устройства требуется проводить в соответствии с рекомендациями. Данное оборудование состоит из подготовки их к работе, проверки технического состояния, обслуживания и устранения неисправностей. Выполнение таких правил и требований позволяет обеспечить нормальную работу оборудования.

Техническое обслуживание должно обеспечить надежность, долговечность и безотказность эксплуатации устройства. При работе перемешивающего устройства нужно учитывать сложные условия работы оборудования и приборов. Для надежной работы смесителя нужно обеспечить смазку на трущихся узлах. Очень важно очищать и промывать смесительный барабан и разгрузочные лотки от оставшихся компонентов, для того чтобы не увеличилась потребляемая мощность и не уменьшилась емкость смесителя, а так же не снизилась производительность. Для этого в конце смены необходимо проводить промывку смесительного барабана водой, а так же проверять затяжки болтовых соединений.

Перемешивающее оборудование останавливают на ремонт в соответствии с утвержденным годовым графиком осмотров и ремонтов. При остановке смесительного барабана необходимо прекратить подачу суспензии, выключить электродвигатель, прекратить подачу воды

Во время текущего ремонта проходит чистка барабана, регулировку барабана, набивку сальников, смазку подшипников, проверяют центровку валов электродвигателя и редуктора, ремонт бункеров с материалами, для этого используют сварочное оборудование. В данном устройстве смазке не подлежат: зубчатый венец барабана, вал-шестерня. Данный износ считается механическим повреждением и не является гарантийным случаем. Проверка и очистка их от абразивных компонентов.

В процессе проведения технического обслуживания оборудования необходимо удалить излишки масла с рабочих поверхностей с помощью чистой хлопчатобумажной ветоши.

Во время капитального ремонта производят замену лопастей, брони, а также замена подшипников барабана и редуктора привода, проводят ревизию тормозов барабана с заменой тормозной ленты.

Ремонт смесительного устройства начинают с частичной разборки и наружной мойки. После разбирают барабан на агрегаты, агрегаты – на сборочные единицы, а последние – на детали, производят мойку деталей, контроль и сортировку деталей на годные, негодные и требующие ремонта.

Из отремонтированных, годных и новых деталей подбирают комплекты. Из комплектов деталей собирают сборочные единицы и агрегаты, которые испытывают и затем окрашивают. Смесительный барабан собирают из сборочных единиц и агрегатов. После сборки смесителя испытывают.

Износ брони, лопастей и скребков перемешивающего устройства зависит от материалов, которые он перемешивает. Для того, чтобы обеспечить нормальную работу смесителя требуется регулярный контроль состояния лопаток и брони. Для обеспечения защиты внутренней поверхности смесителя от абразивного износа, чашу облицовывают стойкой к истиранию броней. К быстро изнашивающимся изделиям в перемешивающем устройстве, относятся лопасти, скребки и броня. В результате этого лопасти, скребки и броня смесителя изготавливаются из износостойких материалов.

Технологический процесс ремонта перемешивающего устройства оканчивают регулировочными работами, устранением дефектов, обнаруженных во время испытания.

Виды возможных неисправностей представлены в таблице 8.

Таблица 8- Неисправности и методы их устранения

Наименование детали	Вид дефекта	Способ устранения
Поверхность бетономешалки	Взбалтывание, истирание в результате воздействия твердых частиц, абразивный износ, цикличность работы	Восстановление поверхности бетономешалки и обеспечение дальнейшей защиты с применением полимеров
Подшипники	Бетономешалка начинает гудеть, либо слышен стук	Замена на новые подшипники
Лопаст	Износ, в результате поломка	Замена на новые лопасти
В редукторе шум и нагрев стенок	Проверить наличие масла в редукторе	Залить масло до уровня
Во время включения смесительный барабан не вращается	Натяжной ремень ослаб	Подтянуть ремень

3.3 Ремонт устройства для подачи сорбента

Устройство для подачи сорбента включает в себя металлическую ёмкость, вихревую воздуходувку и гибкие воздуховоды. Вихревая воздуходувка предназначена для нагнетания воздуха. Такие воздуходувки очень надежны, потому что не имеют изнашивающих частей, кроме подшипников. В рабочей зоне не происходит трение, следовательно, нет износа. В таблице 9 представлены возможные неисправности и причины их возникновения.

Таблица 9 – Неисправности и причины возникновения

Неисправности	Причины
Недостаточный перепад давления	1. натекание воздуха из атмосферы в систему 2. в рабочем колесе изменилось направление 3. лопасти изменили профиль
Шум во время работы	1. дефект подшипника 2. в подшипниках недостаточно смазки 3. глушитель загрязнен
Слышен гул, нет рабочего процесса	1. заклинило рабочее колесо 2. дефект рабочего колеса 3. дефект подшипников

3.4 Ремонт устройства для подачи водного раствора с биологически активным компонентом

Устройства подачи водного раствора представляет собой ёмкость с водой и присоединённый к ней поверхностный насос центробежного типа.

Причинами поломки поверхностных насосов являются:

- эксплуатация в сухом режиме;
- гидравлический удар;
- использование для перекачки воды высокой температуры.

К первому случаю относят эксплуатацию устройства без воды, вследствие чего происходит перегрев мотора. Ведь охлаждение двигателя осуществляется перекачиваемой жидкостью. При этом могут быть повреждены и резиновые уплотнители.

Гидравлический удар происходит в момент запуска поверхностного насоса. Жидкость, попадая в улитку, резко бьет по лопастям рабочего колеса, ломая их. Крыльчатка, чаще всего, изготавливается из бронзы - хрупкого материала. Осколки металла попадают под лопасти, заклинивают или крошат уже другие лопасти. В идеальном случае, колесо рабочее вращается, но вода не перекачивается.

Высокая температура воды также отрицательно отражается как на перегреве электродвигателя, так и уплотнительных манжетах.

Поломка, особенно, гидравлической части может быть вызвана и промерзшей водой, оставшейся в корпусе оборудования.

Во время ремонта поверхностного насоса происходит плановый осмотр, такой осмотр проводят через каждые 200-250 часов. Объем работы зависит от типа насоса. При плановых осмотрах выполняют:

- проверку подшипников;
- промывку и смену масла;
- проверку состояния соединительной муфты, уплотнений, прокладок и смену смазки;
- проверка состояния корпуса насоса, путем осмотра.

При текущем ремонте меняют подшипники, также замена масла, промывают и меняют масляные фильтры.

Средний ремонт производится один раз в год. При этом выполняют работы текущего ремонта, такие как разборка отдельных узлов и замена деталей, например, подшипники, уплотнительные кольца, торцевые уплотнения. При необходимости разбирают торцевое уплотнение и замеряют износ трущихся поверхностей.

Во время капитального ремонта входят следующие работы:

- разборка оборудования;
- определение дефектов;
- восстановление изношенных деталей;
- замена рабочих колес;
- замена подшипников.

В таблице 10 представлены возможные неисправности поверхностного насоса и способы их устранения.

Таблица 10-Неисправности и способ их устранения

Наименование детали	Вид дефекта	Способ устранения
Сальниковое уплотнение	Расход масла, появление дыма	Замена
Уплотнительная манжета	Износ, перегрев	Замена
Лопаст	Износ, в результате поломка	Замена на новые лопасти
Торцевое уплотнение	Износ, в результате поломка	Замена нового уплотнения
Насос не работает	1. Отсутствие напряжения в электросети. 2. Неисправность контактов в электросети. 3. Неисправность пускового конденсатора	1. Проверьте напряжение в сети. 2. Устраните неисправность контактов. 3. Обратитесь в сервисный центр.

Окончание таблицы 10

<p>Насос работает, но не подает воду</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Насос не заполнен водой. 2. Не полностью удален воздух из корпуса насоса и всасывающей магистрали. 3. Слишком велика высота всасывания. 4. Заблокирован обратный клапан. 5. Заблокировано рабочее колесо. 6. Засорен всасывающий или напорный трубопровод. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Залейте водой насос и всасывающий трубопровод. 2. Удалите воздух из корпуса насоса, проверьте герметичность соединений всасывающей магистрали и обеспечьте отсутствие на ней колен и обратных углов. 3. Проверьте условия эксплуатации насоса. 4. Устраните причину блокировки обратного клапана. 5. Обратитесь в сервисный центр. 6. Устраните засор в трубопроводе
<p>Насос не создает требуемого давления.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкое напряжение в электросети. 2. Слишком велика высота всасывания. 3. Попадание воздуха во всасывающую магистраль. 4. Засор во всасывающем или напорном трубопроводе, либо в обратном клапане. 5. Износ рабочих колес 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Установите стабилизатор напряжения. 2. Проверьте условия эксплуатации насоса. 3. Устраните причину разгерметизации всасывающей магистрали. 4. Устраните засор. 5. Обратитесь в сервисный центр

3.5 Ремонт и восстановление алюминиевых емкостей

Емкости из алюминия являются наиболее надежными и долговечными, благодаря особым свойствам материала, например, не окисляется до появления ржавчины, в результате этого сохраняется работоспособность. Такие емкости имеют небольшой вес и высокую устойчивость к коррозии.

Ремонт алюминиевых баков, является весьма востребованной услугой, так как самостоятельно восстановить функции узла невозможно. Такой вид ремонта требует внимания и осторожности в проведении тщательной диагностики и контроля качества.

Несмотря на все сказанные достоинства, алюминиевая емкость очень сложно дешево обрабатывать. Алюминий не ржавеет, следовательно, тонкая пленка от окисления на поверхности создает защитный слой, который нежелательно нарушать во время ремонта.

Во время появления изгиба алюминий в месте деформации теряет прочность из-за того, что изменилась его структура, в результате этого изогнутый участок уже не восстановит своей прочности и пластичности. При

появлении небольших трещин можно выполнить сварной шов, такой ремонт не имеет больших затрат. Такие баки рекомендуется заваривать только аппаратами с аргонно- дуговой сварки, потому что алюминий невозможно заварить обычной сваркой. Если появились пробоины, можно воспользоваться наложением латки.

Данные емкости могут получить механические нарушения при дорожно- транспортных происшествиях, от возникновения коррозии, от неосторожности при не качественном ремонте.

Устранение неисправностей при деформации, производится методом рихтовки. Для этого необходимо учитывать физические свойства металла, возможно ли восстановление формы без потери прочности.

После окончания ремонта алюминиевой емкости необходимо проверить конструкцию на герметичность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлена технологическая установка для очистки нефтезагрязнённого грунта методом биоремедиации. Данная установка позволяет производить очистку при помощи биопрепаратов, иммобилизованных в порах сорбирующего материала.

При решении задачи были исследованы основные методы очистки нефтезагрязнённого грунта, а так же существующие технологии для очистки нефтезагрязнённого грунта. Рассмотрены наиболее применяемые сорбенты. Также в ходе работы было проведено патентное исследование современных конструкций для очистки нефтезагрязнённого грунта.

Была разработана технологическая схема и конструкция мобильного технологического комплекса, а так же произведены расчеты основных геометрических параметров установки на основании расчета материального баланса и прочностной расчет смесительного барабана. В качестве передаточного механизма был подобран редуктор.

Также в работе представлена система планово-предупредительного ремонта и восстановление основного оборудования установки.

Таким образом, задачи решены в полном объеме, цель – разработка технологической установки для очистки нефтезагрязнённого грунта методом биоремедиации была достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев, С.А. Влияние загрязнения нефтяным органическим веществом на активность биологических процессов почв / С.А. Алиев, Д.А. Гаджиев // Изв. АН АзССР. Сер. биол. наук. - 1977. - № 2. - 46-49 с.
2. Андресон, Р.К. Применение биологического метода для очистки и рекультивации нефтегазозагрязненных почв / Р.К. Андресон, Т.Ф. Бойко, Ф.Я. Багаутдинов, Л.Л. Даниленко, Е.М. Денежкин, Е.И. Новоселова, Ф.Х. Хазиев, Б.А. Андресон // Защита от коррозии и охрана окружающей среды. - 1994. - № 2. - 16-18с.
3. Аренс В.Ж., Гридин О.М. Проблема нефтяных разливов и роль сорбентов в ее решении. // Нефть, газ и бизнес. – 2000. – № 5. –27–30 с.
4. Белик Е.С.: Интенсификация процесса биоремедиации нефтезагрязненных почв путем применения биосорбента.
5. Белик Е.С., Рудакова Л.В. Получение биосорбента на основе карбонизата для очистки нефтезагрязненных почв и грунтов // Экология и промышленность России. – 2013. – № 11. – 48–52 с.
6. Вельков В.В. Биоремедиация; принципы, проблемы, подходы / В.В. Вельков // Биотехнология.- 1995.- № 3–4.- 20-27 с.
7. Илларионов С.А., Илларионов С.Ю., Кузнецов Ф.М., Средин В.В // Рекультивация нефтезагрязненных почв .-2000г. -16-25 с.
8. Клещенко С.Е., Подавальный Д.С., Булгаков Е.Е. научный руководитель канд. техн. наук Кайзер Ю.Ф Анализ существующих технологий рекультивации нефтезагрязненных почв. Сибирский федеральный университет.
9. Крамм Э.А., Кустова Н.А., Заборская А.Ю., Изучение процесса биокомпостирования нефтезагрязненных грунтов на модельных средах// Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - 2011. - №2. – 39 с.
10. Кузьмин А.В. Расчеты деталей машины : Справочное пособие .- 3-е издание .-1986.- 400 с.
11. Михайлова А.А.: Институт естественных наук и технологий., Эколого-биологические особенности и подходы к нормированию загрязнения нефтепродуктами городской среды. Том 1.-2000.
12. Оборин А.А Нефтезагрязненные биогеоценозы: моногр./УрО РАН.- Пермь: Изд-во Пермс.гос.тех.ун-та,2008.- 511 с.
13. Решотова Л.Н Справочник по самоустанавливающимся механизмам: издания 1979 г.
14. Темирханов Б.А. Исследование основных свойств нефтяных сорбентов и их сравнительный анализ // Актуальные проблемы современной науки. Ч.13. Экология: Труды 5-й Международной конференции молодых ученых и студентов. 7–9 сентября 2004. – 127 с.
15. Терещенко Н.Н., Лушников С.В. Способ стимулирования активности углеводородокисляющих микроорганизмов в почве, загрязненной нефтью и

нефтепродуктами //Материалы 1-го Международного конгресса «Биотехнология - состояние и перспективы развития» - М., 2002.- 476 с.

16. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник. М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003.- 258 с.

17. ГОСТ 52857.2-2007 Расчет цилиндрической обечайки на прочность.

18. Универсальный каталог нагнетательного оборудования [Электронный ресурс] : база содержит сведения о вихревой воздуходувке – 2006. -Режим доступа : <http://zenova.ru/category/vozduhoduvki/model/bl-150-440>

19. Поверхностный самовсасывающий насос JS 110: Режим доступа - <http://agro-store.com.ua/poverhnostniy-nasos-rudes-js-110>

20. Строительная техника FIORI от ЗАО «САМТЕК» [Электронный ресурс] : база содержит сведения о бетоносмесителе с самогрузкой – 2007-2015. – Режим доступа <http://fiorigroup.ru/produktsiya/mobilnye-betonosmesiteli/db-110>

21. Патент № 2330734 Российской Федерации, МПК В09С1/00 (2006.01),С02F11/00 (2006.01),С02F01/32(2006.01). Установка для переработки нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов / Амирова Л.М, Култашев А.Б, Новширванов Л.Г, Сахапов Я.М, Фассахов Р.Х, Фаттахов М.Х, Хасаншин Д.Л, Хамидуллин М.Г

22. Патент № 2426833 Российской Федерации, МПК E02B15/10 (2006.01), С02F1/28 (2006.01), С10G25/00 (2006.01). Установка и способ очистки от нефти, нефтепродуктов и нефтяного шлама / Телесов А.А.,Телесов А.Н.

23. Патент № 2479365 Российской Федерации, МПК В09С1/10 (2006.01). Способ и установка для микробиологической очистки грунтов, загрязненных тяжелыми металлами и нефтепродуктами / Бельков В.М., Холодилова Е.С.

24. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – Москва, 1986. -10 с.

25. Шейнин Л.А. Эксплуатация дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1980. -106 с.