

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»
(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Оптимизация технологии очистки нефтезагрязненных стоков на примере
АО «Татнефтепродукт»

Обучающийся

Д.В. Морозов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н, доцент, профессор кафедры В.С. Гончаров

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

Тольятти 2023



Росдистант

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННО

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил: Морозов Д.В.

Тема бакалаврской работы: Оптимизация технологии очистки нефтезагрязненных стоков на примере АО «Татнефтепродукт».

Научный руководитель: Гончаров В.С.

Цель бакалаврской работы – снижение экологического ущерба на окружающую среду путем оптимизации технологии очистных сооружений на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт».

Объектом цели исследования являются существующая схема производственно-ливневой канализации и очистных сооружений нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт».

Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка из 33 используемых источников и 5 приложений. Общий объем работы, без приложений 76 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 16, рисунков – 8, чертежей – 4.

В первом разделе дана характеристика нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт», а также характеристика нефтепродуктов обращающихся на нефтебазе и источников выделения загрязняющих веществ. Проанализирована существующая схема производственно-ливневой канализации и очистных сооружений предприятия, выявлены недостатки в работе системы.

Во второй главе проведен анализ существующих методов очистки сточных вод. Обозначен, что эффективный метод очистки сточных вод от нефтепродуктов на нефтебазе является физико-химический метод. Из физико-химических методов выбран метод коалесценции. Для разработки технического решения по оптимизации системы очистных сточных вод на нефтебазе были выполнены следующие работы: экспериментальным путем был проведен анализ стока воды на загрязненность нефтепродуктами; определен объем стоков на нефтебазе и обозначены нормы ПДК

нефтепродуктами в сточной воде, чтобы их можно было законно использовать в технологическом цикле повторно; обозначена финансовая составляющая предприятия в данном вопросе. Предложено новое техническое решение по оптимизации системы очистных сточных вод на предприятии нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт».

В третьей главе произведен расчет материальных балансов применяемой и модернизированной нефтеловушки. Проведен анализ преимуществ и целесообразности предложенной оптимизации очистки сточных вод.

Оглавление

Введение.....	6
Глава 1 Нефтебаза – предприятие по обеспечению приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов	8
1.1 Общая характеристика производства нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт».....	8
1.2 Характеристика нефтепродуктов обращающихся на нефтебазе и источники выделения загрязняющих веществ.....	11
1.2.1 Физико-химические свойства нефтепродуктов.....	12
1.2.2 Химические свойства	13
1.3 Очистка сточных вод нефтебазы.....	14
1.4 Оценка работы очистных сооружений нефтебазы	23
Глава 2 Усовершенствование технологии очистных сооружений на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт»	25
2.1 Анализ существующих методов очистки вод от загрязнений ...	25
2.2 Техническое решение оптимизации системы очистных сточных вод на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт».....	36
2.2.1 Экспериментальные исследования массовой доли нефтепродуктов в пробах сточных вод	37
2.2.2 Определение количества дождевых стоков с территории нефтебазы	47
2.2.3 Финансовые возможности нефтебазы	50
2.3 Предлагаемая установка нефтеловушки	51
Глава 3 Расчет материального баланса	63
3.1 Материальный баланс применяемой нефтеловушки	63

3.2 Материальный баланс предлагаемой нефтеловушки.....	65
3.3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии.....	67
Заключение	70
Список используемой литературы и используемых источников.....	73
Приложение А Карта-схема Предприятия с источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	77
Приложение Б Технологическая схема предприятия.....	78
Приложение В Схема нефтеловушки.....	79
Приложение Г Очистная установка очистки сточных вод ИНСТЭБ-1/4.2.....	80
Приложение Д Установка коалесценции.....	81

Введение

В последние годы вопросы, касающиеся загрязнения сточных вод нефтепродуктами на участках нефтебаз холдинговых предприятий приобретает все большую остроту и актуальность, поскольку при их попадании в окружающую среду экологии наносится немалый ущерб.

В соответствии с законодательством Российской Федерации сточные вода предприятий подлежат обязательной очистке, поэтому для ее обеспечения в должной мере, на нефтебазах используется специальное оборудование и технологические комплексы, с помощью которых достигаются установленные нормативы загрязнения стоков.

На сегодняшний день на некоторых нефтебазах используется оборудование, которое было установлено более 20 лет назад, оно морально устарело и является не эффективным в работе. Так, например, сеть производственно-ливневой канализации и очистных сооружений на территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» была реконструирована в 2002 – 2004 гг. и отдельные комплексы данной сети требуют модернизации.

Развитие технического потенциала некоторых компаний над проблемами очистки стоков, позволяет сегодня приобрести новое оборудование, которое может довести степень загрязнения стоков до тех показателей, при которых их можно отводить в окружающую среду без нанесения ей урона.

Цель работы – снижение экологического ущерба на окружающую среду путем оптимизации технологии очистных сооружений на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт».

Для выполнения поставленной цели в работе определяются следующие задачи:

- провести анализ существующей схемы производственно-ливневой канализации и очистных сооружений предприятия и выявить недостатки;
- провести анализ существующих методов очистки сточных вода и обозначить эффективный способ очистки;
- разработать техническое решение по оптимизации системы очистных сточных вод на предприятии;
- провести расчет материальных балансов применяемой и модернизированной нефтеловушки;
- провести анализ преимуществ и целесообразности предложенной оптимизации очистки сточных вод.

Глава 1 Нефтебаза – предприятие по обеспечению приема, хранения и отгрузки нефтепродуктов

1.1 Общая характеристика производства нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт»

Нефтебаза участка АО «Татнефтепродукт» относится к «распределительным нефтебазам и предназначено для приема нефтепродуктов всеми видами транспорта и отпуска нефтепродуктов непосредственно потребителям в основном автотранспортом наливом и в таре» [19].

Нефтебаза участка АО «Татнефтепродукт» состоит из следующих комплексов:

- резервуарного парка,
- трубопроводных коммуникаций,
- наливных и сливных устройств,
- насосных.

Показатели, характеризующие нефтебазу участка АО «Татнефтепродукт», следующие:

а) резервуарная емкость:

- общая вместимость - 11102 м³;

б) в том числе:

- для дизельного топлива - 9504 куб.м,
- масла - 1453 куб.м,
- аварийные -145 куб.м.

Время работы нефтебазы в году - 1935 ч.

Дата ввода нефтебазы в эксплуатацию - 1936 год. [19]

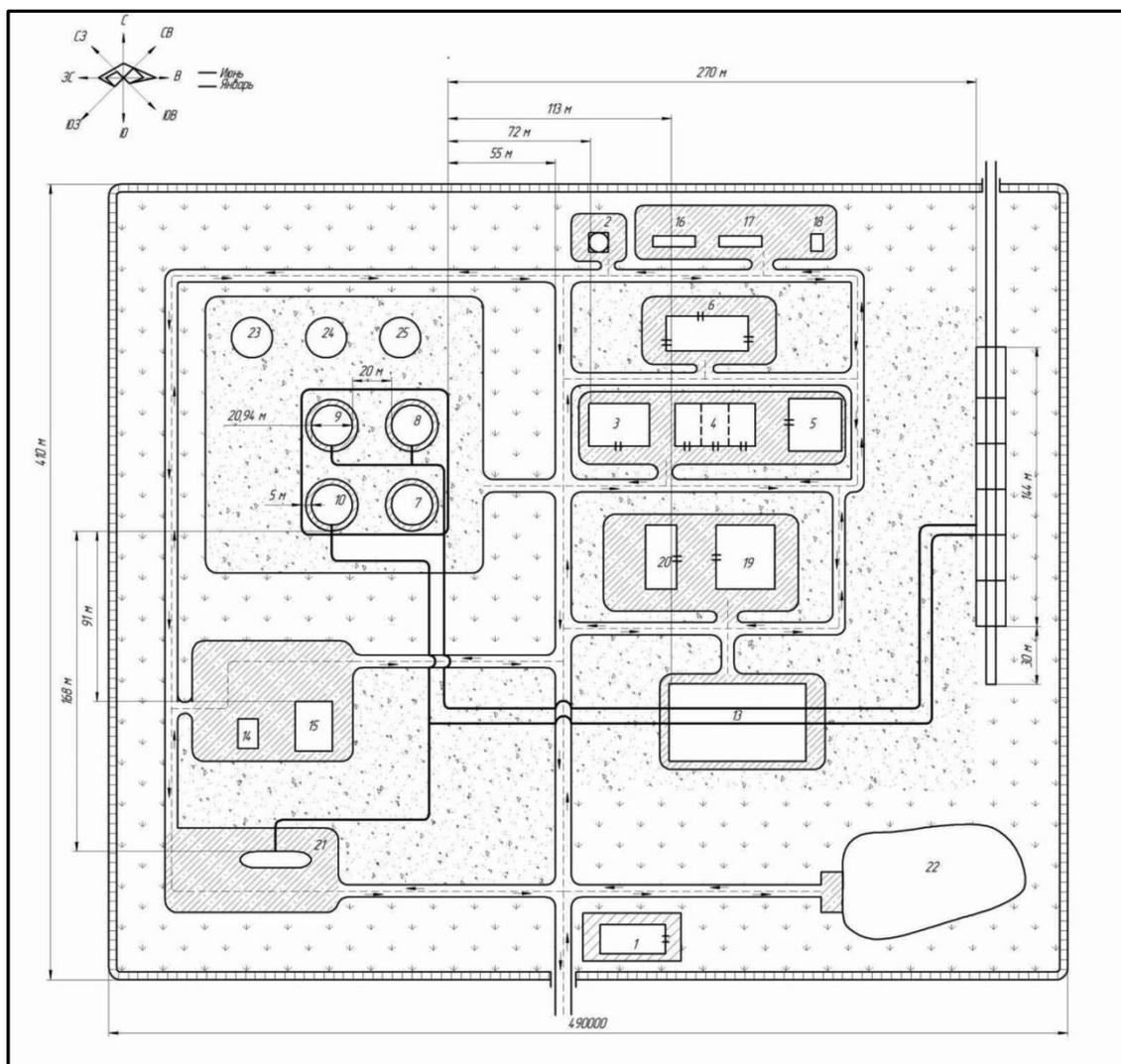
Основным видом деятельности нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» является оптовая и розничная торговля нефтепродуктами.

На территории нефтебазы расположены следующие участки:

- железнодорожная эстакада (сливные устройства, приемные колодцы);
- насосная (неплотности насосного оборудования);
- насосная отпуская масел (неплотности насосного оборудования);
- автоматизированная система налива (АСН) (неплотности насосного оборудования, резервуары автоцистерн, приемный резервуар, двигатели автотранспорта);
- резервуарный парк светлых нефтепродуктов (ДТ) (резервуары хранения нефтепродуктов);
- резервуарный парк темных нефтепродуктов (масла) (резервуары хранения нефтепродуктов);
- котельная (водогрейные котлы);
- лаборатория нефтепродуктов (шкаф вытяжной, рабочие места);
- сварочный пост (сварочное оборудование);
- теплый гараж (двигатели автотранспорта, металлообрабатывающие станки, стенд зарядки аккумуляторов, емкости хранения отработанного масла);
- пожарное депо (двигатели пожарных машин);
- открытая стоянка (двигатели грузовых автомобилей и специальной техники);
- склад масла в бочках (емкости хранения масла);
- гараж легковых машин (двигатели автотранспорта);
- заезд железнодорожного транспорта (двигатель тепловоза);
- локальные очистные сооружения стоков от сливных устройств (резервуары очистных сооружений);
- слесарный участок насосной (шлифовальный станок);
- автомойка (двигатели автотранспорта);
- локальные очистные сооружения стоков автомойки (резервуары очистных сооружений);
- проезд автомашин (двигатели автотранспорта);

– окрасочные работы [19].

Основное технологическое оборудование нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» представлено на рисунке 1 – Технологическая схема предприятия.



1 – контрольно-пропускной пункт; 2 – сборник стоков емк. 50 м³; 3 – противопожарная служба; 4 – гаражные помещения; 5 – мойка; 6 – очистные сооружения стационарные; 7-9 – РВС для хранения темных нефтепродуктов -500 м³, 11 - ж/д эстакада; 12 – ж/д тупик; 13- насосная станция; 14 – лаборатория; 15 – операторная; 16 – резервуар подземный 50 м³; 17 – резервуар надземный 50 м³; 18 – нефтеловушка; 19 – административное помещение; 20 – теплый гараж; 21 – автоэстакада; 22 – пожарный водоем

Рисунок 1 – Технологическая схема нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» [19]

1.2 Характеристика нефтепродуктов обращающихся на нефтебазе и источники выделения загрязняющих веществ

Нефтебаза НУ «Нурлатнефтепродукт» предназначена для приема, хранения, выдачи следующих нефтепродуктов:

- дизельных топлив качества отвечающих требованиям ГОСТ 32511-2013;
- масел моторных для автотракторных дизелей марок М-10Г₂, М-10Г_{2к}, М-8Г_{2к}, качества отвечающих требованиям ГОСТ 8581-78;
- масла трансмиссионного марки ТЭп-15 качества отвечающего требованиям ГОСТ 23652-79 [19].

Нефтяная база «представляет собой объект повышенной экологической опасности» [7]. Высокая концентрация «на небольшой территории разных видов нефтепродуктов, постоянные операции по их разливу, многочисленные емкости разной вместимости создают условия для утечек углеводородного вещества, загрязнения почв, грунтов и вод внутри территории Предприятия и распространения загрязнения за ее пределы. Соответственно очень велика опасность пожаров и взрывов из-за утечек в самих резервуарах Нефтебазы, а также в результате подземного накопления взрывоопасных углеводородных паров и газов.

Основными источниками выделения загрязняющих веществ могут являться на нефтебазах:

- вентиляционные устройства зданий с технологическим оборудованием (насосные, химические лаборатории и т. п.);
- резервуары с нефтепродуктами;
- котельные;
- эстакады слива-налива нефтепродуктов в автомобильные и железнодорожные цистерны;
- объекты очистных сооружений (буферные и разделочные резервуары, пруды-отстойники, шламонакопители и др. оборудование);

- открытые площадки с насосами, перекачивающими нефтепродукты;
- неплотные соединительные материалы технологического оборудования и коммуникаций;
- образующиеся вследствие испарения во время приема, хранения и отпуска нефтепродуктов пары нефтепродуктов;
- различные отходы при очистке резервуаров и другие источники» [11].

Карта-схема территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» с источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представлена в приложении А.

1.2.1 Физико-химические свойства нефтепродуктов

Физико-химические свойства «нефти и их фракций зависят от их химического состава и строения отдельных компонентов, а также от их сложной внутренней структуры, обусловленной силами межмолекулярного взаимодействия» [11].

Поскольку нефть и ее фракции состоят из большого количества «химически разнообразных веществ, различающихся количественно и качественно, свойства нефтепродуктов являются средними характеристиками, и их показатели не постоянны для разных масел и фракций одновременно, а для одних и тех же фракций различных масел» [32].

Свойства нефти:

- плотность,
- вязкость,
- газосодержание (ГФ),
- давление насыщения нефти газом,
- сжимаемость и усадка нефти,
- поверхностное натяжение,
- объемный коэффициент,
- температура вспышки,
- температура кристаллизации парафина и др.

Представим физико-химические свойства нефти, используемой на предприятии в Таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства нефти

Плотность ρ_{20}^4	Вязкость при 20 ⁰ С, сСт	Температура, ⁰ С		Давление насыщенных паров при 38 ⁰ С, мм рт.ст.	Парафин		Содержание, %				Коксуемость, %	Зольность, %	Выход фракций, %	
		Застывания (с обработкой)	Вспышки (в закрытом тигле)		Содержание, %	Температура плавления, ⁰ С	серы	азота	Смол сернокислотных	Асфальтенов			До 200 ⁰ С	До 350 ⁰ С
0,8918	39,7	-34	-13	-	3,4	52	3,04	0,33	76	5,8	6,7	0,01	18,7	42,8

1.2.2 Химические свойства

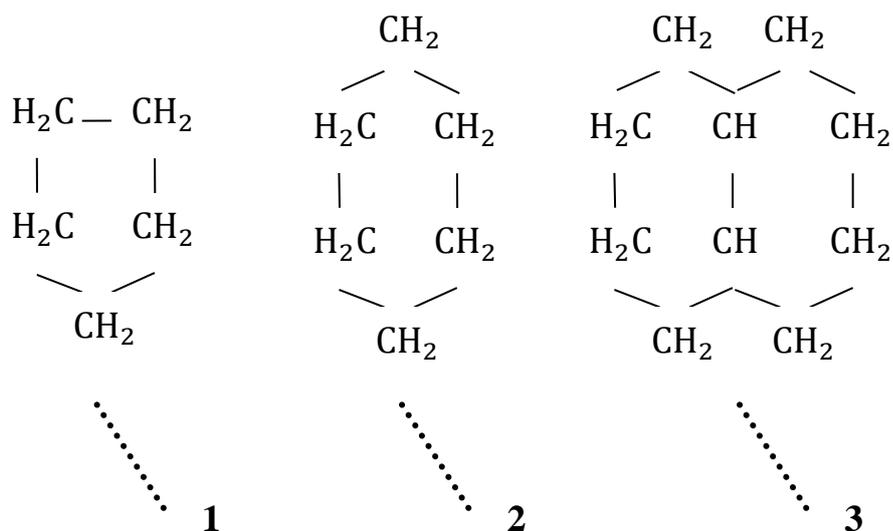
Углеводороды, составляющие основу нефти и топливных газов, представлены множеством индивидуальных соединений.

Химический состав нефти до конца не известен, но уже идентифицировано 425 углеводородных соединений, каждое из которых, в свою очередь, является отправной точкой для более сложных соединений.

В зависимости от строения молекул углеводороды, входящие в состав природных нефти и газов, делятся на три основные группы:

- метановые или парафиновые (алканы);
- нафтеновые (цикланы);
- ароматические (арены) (представлено на рисунке 2 - Структурные формулы нафтеновых углеводородов).

Представители этих групп отличаются друг от друга соотношением числа атомов углерода и водорода, выражаемым общей формулой группы, и характером их внутренних структурных связей.



1 – циклопентан; 2 – циклогексан; 3 – дициклогексан

Рисунок 2 – Структурные формулы нафтеновых углеводородов

«Таким образом, групповым химическим составом нефти называют содержание в ней углеводородов определенных химических групп, которые характеризуются соотношением и структурой соединений атомов углерода и водорода» [7].

1.3 Очистка сточных вод нефтебазы

Сточные воды на нефтебазе загрязнены нефтепродуктами, взвесями, тетраэтилсвинцом. «Особую опасность представляют продукты очистки резервуаров, трубопроводов, пунктов налива и т. д. В них содержится шлам, концентрированные нефтепродукты, моющие составы. Последние содержат в себе соли и кислоты» [25].

Сточные воды, которые образуются на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт», подразделяют на следующие виды:

- производственные,
- ливневые,

– бытовые.

«Состав сточных вод характеризуется концентрацией, т.е. количеством загрязнений, содержащихся в единице объема сточных вод, которая выражается в мг/л или г/м³» [24].

В «состав производственных сточных вод входят:

- сточные воды от смыва площадок для сливо-наливных устройств и другого технологического оборудования;
- подтоварная вода из резервуаров для нефтепродуктов;
- вода от промывки резервуаров и трубопроводов;
- сточные воды от мытья бочек из-под нефтепродуктов;
- стоки от насосных станций;
- стоки от мытья сливо-наливных эстакад, пунктов налива и др. объектов и оборудования;
- стоки воды от химических лабораторий» [22].

В составе производственных сточных вод содержится:

- нефтепродуктов 5000 – 15000 мг/л,
- механических примесей до 200 мг/л.

«К бытовым стокам относятся воды, поступающие от раковин, умывальников, душевых, а также стоки загрязненные физиологическими отбросами. Концентрация взвешенных веществ в бытовых сточных водах составляет 150-300 мг/л и следы нефтепродуктов. В соответствии с нормативными требованиями бытовые сточные воды в количестве не более 5 м³/сут., очищенные на местных очистных сооружениях, при отсутствии бытовой канализации допускается отводить в производственно-дождевую канализацию» [24].

На территории нефтебазы имеется административно-бытовой корпус. Здание оборудовано санитарными приборами, водопроводом и имеется выпуск канализации. Бытовые стоки отводятся в существующий выгреб. По мере накопления стоки откачиваются ассенизационной машиной и вывозятся

обслуживающей организацией согласно заключенному договору с предприятием.

«Ливневые сточные воды образуются вследствие атмосферных осадков, смывающих пролитые нефтепродукты с территории нефтебаз. Количество этих стоков зависит от климатических условий, а степень загрязненности нефтепродуктами – от санитарного состояния территории, производственных зданий и сооружений, их размещения, рельефа местности и др.

В составе ливневых сточных вод содержание эмульгированной нефти и нефтепродуктов 40-100 мг/л и механических примесей 300-3000 мг/л.» [24].

Допустимая концентрация загрязнений и виды производственных сточных вод на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимая концентрация загрязнений и виды производственных сточных вод на нефтебазе

Вид сточных вод	Концентрация загрязнений, мг/л		
	взвешенные вещества	нефтепродукты	БПКполн
Сточные воды от смыва площадок для сливо-наливных устройств и другого технологического оборудования, дождевые воды с этих площадок, производственные сточные воды из зданий продуктовых насосных станций, разливочных, лабораторий и др.	600	700-1000	200

Продолжение таблицы 2

Подтоварные воды из резервуаров для нефтепродуктов	20	1000-2000	60
Сточные воды от мытья бочек из под нефтепродуктов, балластные воды танкеров	50	5000	200
Дождевые воды с обвалованной площадки резервуарного парка, открытого тарного хранения	300	20	8

Количество нефтесодержащих ливневых и производственных сточных вод, образующихся на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» колеблется от 90 до 148,04 м³/сут.

На предприятии по плану производится очистка сточных вод до нормативных требований к качеству воды.

Очистка сточных вод контролируется и регламентируется на основании следующих нормативно-правовых актов:

- Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 N 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [16];
- Постановлению Правительства Российской Федерации от 22.05.2020 N 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [17]. Эти правила устанавливают нормативные значения показателей общих свойств отводимой воды и концентраций загрязняющих веществ.

В Приложении 5 Постановления Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 N 644 для стоков систем водоотведения «установлены предельно допустимые концентрации отдельных веществ» [17], некоторые из которых приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Нормативные требования к качеству воды

Наименование ингредиента	Норматив качества, мг/дм ³
Массовая концентрация взвешенных веществ	300
Массовая концентрация нефтепродуктов	10
Массовая концентрация аммиак и аммоний ионов	0,5
Массовая концентрация нитрит-ионов	0,08
Массовая концентрация нитрат-ионов	40,0
Химическое потребление кислорода (ХПК)	500
Массовая концентрация хлорид-ионов	1000
Фосфат-ионы	0,05
Массовая концентрация сульфат-ионов	1000
Водородный показатель (рН), ед. рН	6-9 ед.

При этом концентрация нефтепродуктов в любой воде, кроме технической, не должна превышать 0,1 мг/дм³, согласно требованиям СанПиН 1.2.3685-21 (Таблица 3.3 «Обобщенные показатели качества различных видов вод, кроме технической воды» [18]).

Концентрация нефтепродуктов в водных объектах рыбохозяйственного назначения не должна превышать 0,05 мг/дм³ в соответствии с Приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [20].

На разных территориях местности нормы могут различаться, поскольку администрация района или города имеет право на свое усмотрение установить более строгие требования к качеству обработки сточных вод перед отводом в коммунальную канализацию.

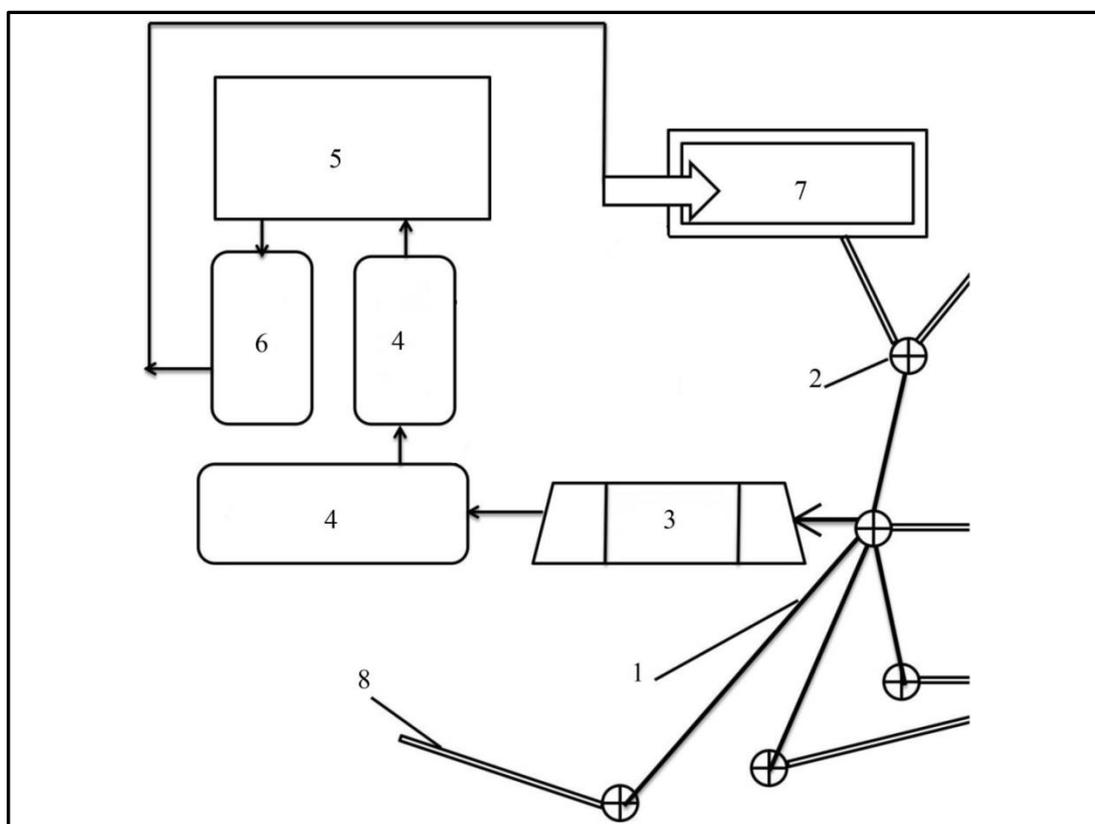
В системе обратного водоснабжения в водах допускается содержание нефтепродуктов от 25 до 30 мг/л.

Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 22.05.2020 N 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации» [17] если концентрация нефтепродуктов в сточных водах выше ПДК, предприятие

дополнительно платит за сброс загрязняющих веществ сверх нормы.

«Чтобы обеспечить в должной мере соблюдение нормативов загрязнения, необходимо использовать специальное оборудование и технологические комплексы» [8].

Для сбора и очистки, загрязненных горюче-смазочными материалами (далее – ГСМ) сточных вод, нефтебаза участка АО «Татнефтепродукт» имеет производственно-ливневую канализацию и очистные сооружения, схема представлена на рисунке 3.



1 – отводящие трубопроводы в земле; 2 –дождеприемные колодцы; 3 – нефтеловушка; 4 –надземный и подземный резервуар; 5 – очистная установка; 6 – резервуар для чистой воды; 7 – мойка; 8 – бетонные лотки

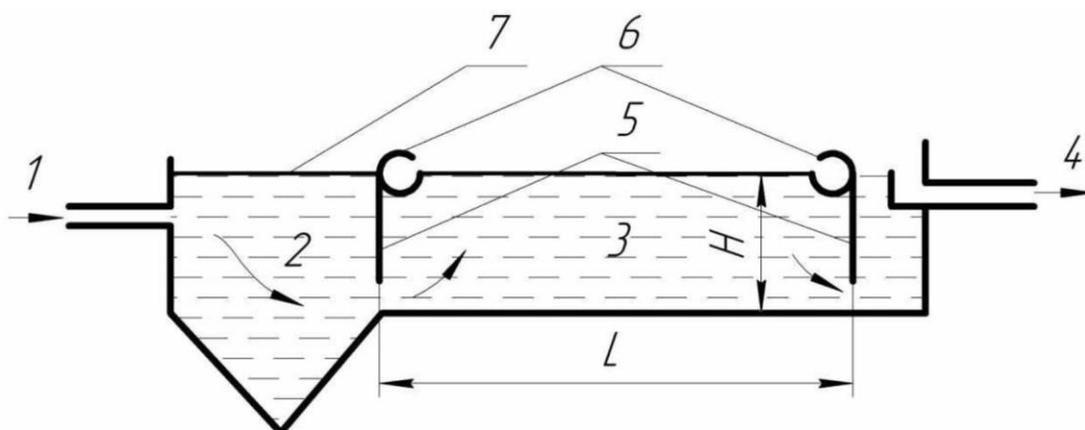
Рисунок 3 – Схема производственно-ливневой канализации и очистных сооружений

Расчетный расход ливневых вод с территории предприятия составляет 148,04 м³/сут., площадь водосбора – 1,963 га.

На территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» организован сбор поверхностных сточных вод с обвалованных территорий резервуарных парков с устройством дождеприемных колодцев 2, показанных на рисунке 3.

В дождеприемных колодцах на отводящих трубопроводах 1 монтируются запорные устройства – хлопушки, открывающиеся при прохождении ливневых вод. В случае пролива нефтепродукта ловушки закрыты. Собранные в колодцах нефтепродукты передаются на утилизацию. Поверхностные сточные воды через дождеприемные колодцы и далее по подземной сети канализации отводятся в существующие сети канализации и нефтеловушку 3 на рисунке 3.

Нефтеловушка, предназначенная для очистки «производственных и ливневых сточных вод от масляных примесей и трудноосаждаемых взвесей» [9], представлена на Рисунке 4.



1 – сточная вода; 2 – приемная камера; 3 – отстойная зона; 4 – очищенная вода; 5 – вертикальные полупогруженные перегородки; 6 – нефтесборные трубы; 7 – пленка всплывающих нефтепродуктов

Рисунок 4 – Схема нефтеловушки

Принцип работы «нефтеловушки основан на разнице плотности примесей и воды» [9]. Весь процесс очистки происходит в 2 этапа: оседание и сбор взвешенных частиц, и укрупнение и отсос нефтепродуктов.

Загрязняющие вещества с более низкой плотностью всплывают на поверхность воды (в нашем случае масла), а с более высокой (песок и т.д.) – выпадают в виде осадка на дно.

С асфальтированных проездов территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» и с площадки налива нефтепродуктов поверхностные сточные воды отводятся через дождеприемные лотки и далее по существующей сети канализации так же в нефтеловушку.

С постов железнодорожного слива нефтепродуктов и с резервуарного парка темных нефтепродуктов поверхностные сточные воды по сети канализации отводятся в сборник стоков емкостью 50 м³. По мере накопления сточные воды откачиваются специализированным передвижным автотранспортом и сливаются в колодец перед нефтеловушкой.

Предварительно очищенные в нефтеловушке сточные воды забираются насосом СМ 80-50-2006/2 и подаются в два резервуара-сборника 4, показанные на Рисунке 3, емкостью 50 м³ каждый.

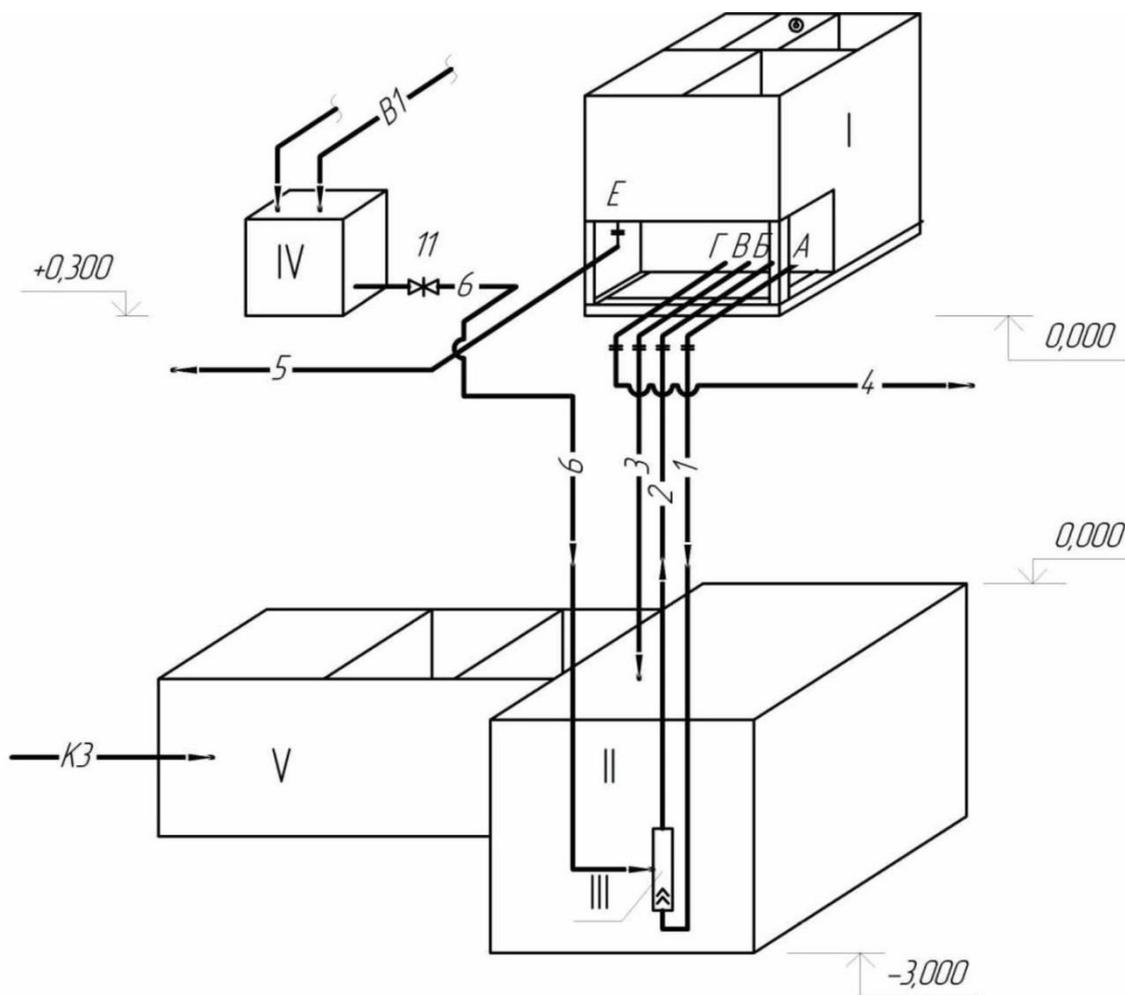
Один из резервуаров надземный, другой подземный. Надземный резервуар установлен на бетонные опоры. Сточные воды из надземного резервуара сливаются в подземный резервуар и далее подаются для окончательной очистки на установку очистки сточных вод ИНСТЭБ-1/4.2 производительностью до 2 м³/час.

Очистная установка 5, показанная на Рисунке 3, размещается в отапливаемом кирпичном здании и представляет собой моноблок с 4-мя ступенями очистки: две ступени флотации, фильтровальная и адсорбционная ступени. Очистная установка представлена на Рисунке 5.

Установка состоит из Флотатора ИНСТЭБ-1/4.2 - I, показанного на Рисунке 5, Накопителя сточных вод - II, Гидроэлеватора - III, Расходного бака реагентов - IV, Песколовки – V.

Очищенные сточные воды установкой ИНСТЭБ-1/4.2 используются на полив территории предприятия, на пополнение пожарных резервуаров и

другие хозяйственные нужды, например вода поступает на мойку 7, показанную на Рисунке 5.



I - флотатор ИНСТЭБ-1/4.2 , II - накопитель сточных вод, III - гидроэлеватор, IV - расходный бак реагентов, V – песколовка; 1 - подача воды на гидроэлеватор; 2 – подача воды от гидроэлеватор; 3 – подача стоков от накопителя; 4 –отвод очищенной воды от сорбционного фильтра; 5 – сброс; 6 – подача реагента; 7 – подача очищенной воды на мойку автомобиля; 8 – подача очищенной воды на мойку автомобиля; K3 – подача воды из водоприемного лотка в песколовку; B1 – хозяйственно-питьевой водопровод

Рисунок 5 – Очистная установка очистки сточных вод ИНСТЭБ-1/4.2

Уловленные нефтепродукты и нефтешлам после очистки локальным очистным сооружением, а также промасленная ветошь и загрязненный песок вывозятся на регенерацию к местам утилизации специализированными

предприятиями в соответствии с заключенными договорами нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт».

Разработанная схема очистки сточных вод с территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» исключает сброс загрязненных стоков на прилегающую территорию, а также на водный объект. Выпуск очищенных сточных вод осуществляется на рельеф местности и автомойку предприятия с оборотным водоснабжением.

1.4 Оценка работы очистных сооружений нефтебазы

Работа очистных сооружений оценивается на основании результатов систематического учета, контроля и наблюдения за работой каждого сооружения и качеством очистки ливневых и производственных сточных вод.

Эффективность работы очистных сооружений необходимо оценить путем сравнения достигаемой степени очистки с проектной величиной [28].

Согласно паспортным данным очистной установки ИНСТЭБ-1/4.2, очищенные стоки должны содержать в своем составе концентрации загрязнения нефтепродуктами - 0,05 мг/л.

Проведенные исследования анализа проб воды после очистки очистными сооружениями на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» химической лабораторией ООО «УкуЛаб» в 2022 году показал, что очистные сооружения не обеспечивает эффективную очистку сточных вод по допустимым концентрациям загрязнений нефтепродуктами на предприятии.

Невысокая степень эффективности является следствием морально устаревшей конструкции нефтеловушки (последняя реконструкция была проведена в 2003 году), в которой возможны турбулентные потоки из-за перепадов температур и неравномерного распределения концентраций загрязняющих веществ в толще очищаемой воды. Так же эффективность очистки в нефтеловушке зависит от неисправности некоторых элементов

оборудования, расхода очищаемой воды, содержания загрязняющих частиц и температуры воды.

Очистная установка ИНСТЭБ-1/4.2 на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» была запущена в эксплуатацию в 2004 году, срок работы оборудования 19 лет. Технологическая эффективность работы ИНСТЭБ-1/4.2 в значительной степени определяется также характером и составом сточных вод, которые поступают на данную установку. Соответственно, оптимальная работа данного сооружения зависит от сочетания с другими сооружениями и аппаратами нефтебазы.

Поэтому делаем вывод, что очистка на данных очистных сооружениях отличается большой нестабильностью и является неэффективной. Необходима модернизация существующей системы очистных сооружений.

Глава 2 Усовершенствование технологии очистных сооружений на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт»

2.1 Анализ существующих методов очистки вод от загрязнений

Нефтяные базы «являются местом хранения и отгрузки нефтесодержащих продуктов. Различные виды баз предполагают наличие разных технологических процессов» [12].

Система стоков на территории нефтебазы стандартно разделяется на несколько подсистем:

- бытовой сток,
- производственный сток,
- дождевой и талый сток.

Система стоков «нефтебазы зачастую создается ниже нулевой отметки. Все конструкции проектируются из жаропрочных материалов: кирпича, керамики, бетона, асбестоцемента. Диаметр труб принимается не менее 200 мм. Уклон должен обеспечивать самотек жидкости со скоростью, способствующей самоочищению.

Предотвращению распространения огня способствует наличие гидравлических затворов - хлопушек. Их высота должна быть не ниже 250 мм. Установка производится:

- на выходах магистрали из обвалованных резервуаров и производственных зданий;
- на выпусках жидкости с эстакад, наливных площадок;
- в случае магистрально-производственного назначения сети с шагом 400 м;
- в случае канализационных сетей во всех направлениях от нефтеловушек на расстоянии 10 м.» [12].

При подборе метода очистки сточных вод «учитывают следующие принципы:

- снижение объема стоков и вредных примесей в них;
- извлечение ценных элементов с последующей утилизацией стоков;
- возможность повторного применения очищенной воды в хозяйственно-бытовых и производственных нуждах.

После процесса очистки сточных вод в нефтебазах жидкость применяется для бытовых нужд, производственных нужд или сливается в почву, водоемы, городскую канализацию. Если возможности сброса нет, предусматривается отстойник для испарения» [12].

Для разных элементов эффективными являются различные технологии. Потому в основе очистных сооружений нефтяных баз лежит комбинирование нескольких способов.

«При выборе технологии очистки конкретной сточной воды определяющими факторами являются: расход, начальная концентрация нефтепродуктов и сопутствующих загрязнений, требования к качеству очищаемой воды по всем нормируемым загрязнениям» [12].

Чтобы выбрать «технология очистки воды для каждого конкретного случая, необходимо учитывать множество различных факторов. В зависимости от ряда технико-экономических показателей выбирается схема процесса очистки, основанная на механической очистке, далее, в зависимости от требований к качеству водоподготовки применяют предварительную или доочистку воды соответствующими методами» [21].

Для очистки нефтесодержащих стоков применяют следующие методы:

- механические,
- физико-химические,
- химические,
- биохимические.

Краткая характеристика методов очистки нефтесодержащих стоков приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Краткая характеристика способов очистки нефтесодержащих вод

Способы очистки нефтесодержащих вод	«Допустимая начальная концентрация нефтепродуктов» [12] в стоках, мг/л	Допустимая глубина очистки, мг/л	Дополнительная информация
Механический (отстаивание)	Более 1000	40-1000	От эмульгированных продуктов не очищает.
Физико- химические: флотация	200	20-60	Степень очистки зависит от флотации.
Физико- химические: коалесценция	100	10-15	Частично очищает от эмульгированных продуктов.
Физико- химические: адсорбция	100	1-3	После предварительной очистки очищает от эмульгированных нефтепродуктов.
Химический	50	1-10	Применяется в сочетании с фильтрацией или отстаиванием.
Биохимический (с помощью аэробных микроорганизмов)	100	1-10	После обязательного предварительного отстаивания очищает от эмульгированных нефтепродуктов.

Из механических методов очистки сточных вод «практическое значение имеют отстаивание, центрифугирование и фильтрование» [23]. Механическая очистка является предварительным этапом очистки нефтесодержащих стоков.

Механический метод очистки (отстаивание) применяется в основном при высоких концентрациях взвешенных веществ содержащихся в сточных водах. Для предприятия нефтебазы, где транспортируются, хранятся и

реализуются нефтепродукты только механической очисткой ограничиться нельзя. Поэтому обычно механическая очистка сточных вод на нефтяных базах применяется для выделения из производственных сточных вод нерастворенных минеральных и органических примесей с целью подготовки их к физико-химическому, биологическому или другому способу более глубокой очистки [30].

Физико-химические способы очистки «нефтепродуктосодержащих сточных вод основаны на использовании явлений на границе фаз, межмолекулярного взаимодействия, движения частиц в электрическом поле и т.п. К ним относятся сорбация, коагуляция, флотация, коалесценция, экстракция и т.д. Этими способами из сточных вод удаляют эмульгированные суспендированные частицы диаметром менее 100 мкм, а также растворенные примеси. Их применяют как отдельно, так и в сочетании с механическими способами очистки» [5].

Химическими способами очистки «нефтепродуктосодержащих сточных вод является нейтрализация, окисление и восстановление. Химическая очистка может применяться перед подачей сточных вод в систему оборотного водоснабжения, а так же перед спуском их в водоем или городскую канализацию. Химическая очистка так же может применяться как способ глубокой очистки производственных сточных вод для их дезинфекции, обесцвечивания» [5].

Биологической очистке «подвергается большинство промышленных и бытовых сточных вод перед их сбросом в водоемы. Принцип биологической очистки стоков состоит в том, что при некоторых условиях микробы способны расщеплять органику до простых веществ, таких как вода, углекислый газ, т.д.» [5].

Поскольку разработанная схема очистки ливневых и производственных сточных вод на территории нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» исключает сброс загрязненных стоков на прилегающую территорию, а также на водные объекты района, и реализована с

существующей системой оборотного водоснабжения, то, соответственно, химический и биологический способы очистки сточных вод на предприятии не востребованы как необходимые.

Таким образом, из приведенных способов очистки нефтесодержащих вод для нефтебазы подходит физико-химический метод, так как в данное время это самая большая группа методов, которая позволяют удалить нефтесодержащие примеси от 1мм до 1нм. Преимущество физико-химического метода в том, что данный метод можно применять как отдельно, так и в сочетании другими методами [29].

Характеристику отдельных физико-химических методов очистки нефтесодержащих вод представим в таблице 5.

Таблица 5 – Физико-химические методы очистки нефтесодержащих вод

Способ очистки	Сущность метода	Достоинства	Недостатки
1	2	3	4
Коагуляция	Коагуляция это процесс, когда под действием коагулянтов происходит слипание мелких частиц органических примесей в крупные хлопья, которые в дальнейшем фильтруются или отстаиваются.	Преимущества данного метода: – реагенты быстро растворяются, поэтому не нужно долго перемешивать; – быстро разделяет жидкую и твердую фазу – коллоиды; – продлевает срок службы фильтров прямой фильтрации.	Главным недостатком является то, что требует предварительного анализа загрязнения жидкости и требований к её очистке. Только после этого можно подбирать вид реагента, рассчитать подходящую дозировку и строго ей следовать.

Продолжение таблицы 5

Флотация	«Флотацию применяют при извлечении примесей, обладающих гидрофобностью (например, нефть). Она основана на том, что при введении в воду пузырьков воздуха (или углеводородных газов) происходит извлечение эмульгированных нефтепродуктов из воды с помощью пузырьков, за счет разной смачиваемости частиц» [27].	«Достоинствами данного метода являются высокая степень очистки, за небольшой отрезок времени. Отсутствие вращающихся частей и не шумная работа. Можно утилизировать все извлекаемые компоненты» [27].	«Высокая энергоёмкость, засорение и зарастание отверстий пористого материала» [27].
Сорбция	Сорбцией называют процесс поглощения сорбентом вредных примесей из очищаемой сточной воды. В качестве сорбента могут использоваться различные вещества и материалы пористой структуры.	Высокая эффективность и возможность целенаправленной сорбции ценных растворенных веществ.	Эффективность работы фильтра зависит от правильно подобранного сорбента для очистки воды.
Коалесценция	«Коалесценция применяется для нарушения устойчивости нефтяной эмульсии, после механической очистки. При этом процессе применяются специальные вещества осадители или эмульгирующие вещества. При введении таких веществ в систему происходит хлопьеобразование и устойчивость системы нарушается» [26].	Достоинства коалесценции - это «простота оборудования и невысокая его стоимость, большой выбор российских и зарубежных коагулянтов, возможность по мере необходимости прерывать процесс очистки» [26].	«Большой расход коагулянтов, образование большого количества сильно влажного осадка. Высокое содержание хлорид и сульфат ионов в воде после очистки» [26].

Физико-химические методы, используемые для очистки стоков на нефтяных базах от нефтепродуктов, следующие: коагуляция, флотация, коалесценция, сорбционная фильтрация с использованием природных и синтетических сорбентов.

Коагуляция – метод очистки от нефтепродуктов, при котором «под действием химических реагентов-коагулянтов слипаются мелкие частицы

органических примесей в крупные хлопья, которые в дальнейшем фильтруются или отстаиваются» [23]. В качестве коагулянтов могут использоваться сернокислый алюминий, сернокислое железо, гашеная известь, хлористый кальций, смесь сернокислой закиси железа с гашеной известью и другие вещества.

Применение коагулянтов проходит в 4 этапа:

- во-первых, на первом этапе выбирается реагент и его дозировка в зависимости от назначения жидкости, степени ее загрязнения, температуры и способа очистки;
- во-втором этапе применения идет приготовление раствора и его введение в загрязненную жидкость;
- на третьем этапе применения поддерживаются оптимальные условия для протекания реакции: перемешивание, сохранение нужной температуры, pH.
- на четвертом этапе происходит удаление осадка с помощью отстаивания и фильтрации воды.

В результате действия коагулянтов на нефтесодержащие воды капельки нефтепродуктов укрупняются и в зависимости от вида применяемого коагулянта либо всплывают, либо опускаются на дно и вместе с хлопьями реагента образуют осадок.

Преимущества коагуляции можно обозначить в следующем:

- реагенты быстро растворяются, поэтому не нужно долго перемешивать;
- быстро разделяет жидкую и твердую фазу – коллоиды;
- продлевает срок службы фильтров прямой фильтрации.

К недостаткам коагуляции можно отнести такие факторы:

- требует предварительного анализа загрязнения жидкости и требований к ее очистке, только после этого можно подбирать вид реагента, рассчитать подходящую дозировку и строго ей следовать;
- образует осадок, который нужно отстаивать, убирать, фильтровать.

– нуждается в дополнительном оборудовании, поскольку коагуляция может использоваться в качестве вторичного процесса очистки воды, когда основная масса нефтепродуктов из воды извлечена.

Флотация – метод очистки от нефтепродуктов, при котором взвешенные коллоидные частицы нефтепродуктов прилипают к искусственно созданным воздушным пузырькам. Пузырьки всплывают на поверхность воды и удаляются.

Существует несколько способов создания пузырьков – вакуумная флотация, напорная флотация, создание пузырьков с помощью пористых материалов, электрофлотация.

Для достижения технической и экономической целесообразности режима изъятия нефтесодержащих примесей рекомендована организация напорной флотации в две ступени. Данная установка состоит из: резервуара для обогащения воды воздухом – сатуратора; емкости, в которой при сбросе давления до атмосферного, выделяются воздушные агрегаты – флотационная камера (далее - ФК); эжектора – служит для организации подачи воздуха во ФК; трубчатого смесителя, в нем очищаемая жидкость смешивается с рабочими растворами реагентов; реагентное хозяйство – используются коагулянты и флокулянты.

Загрязненные стоки направляются во флотационную емкость, куда также идет подача рециркулируемой массы воды, насыщенной воздухом. Нефтепродукты, присутствующие во всем объеме стоков, при столкновении с пузырьками, агрегируют на их поверхности и всплывают вверх. Далее скребковым механизмом выводятся в емкость - шламоборник.

Флотация требует гораздо меньше времени для изъятия загрязнений, по сравнению с реагентной обработкой и отстаиванием, что способствует значительному снижению производственных объемов.

Среди основных минусов технологии следует отметить:

- флотационная станция не может использоваться без дополнительного очистительного оборудования; в сложной стадии очистки стоков этот метод занимает лишь промежуточное значение;
- поступающие в очистительный резервуар сточные воды требуют дополнительной подготовки, данная операция необходима для предохранения системы от попадания песка и других твердых частиц, которые могут негативно воздействовать на техническое состояние флотатора;
- для повышения качества очистки требуется использовать активные вещества;
- для эффективной работы установки требуется выделять значительные территории.

Сорбция – метод очистки воды от нефтепродуктов, когда «процесс поглощения загрязняющих примесей осуществляется на основе сорбентов» [13].

Метод сорбции используют, когда нужно соблюдать жесткие требования для сброса стоков в водный объект, и остальные методы очистки не дают нужного результата. Например, в случае с нефтесодержащими загрязнениями, воду отправляют на доочистку сорбционную фильтрацию. В качестве фильтрующего элемента используют засыпку на основе активированного угля. Он помогает собрать низкие концентрации нефтепродуктов и сделать воду пригодной даже для сброса в объекты рыбохозяйственного назначения.

Различают три вида сорбции: абсорбция (поглощение вещества всей массой жидкого сорбента), адсорбция (поглощение вещества поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента); хемосорбция (сорбция, сопровождающая химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом).

«Современные методы сорбционные установки – это колонны засыпанные сорбентом через которую пропускают промышленный сток. В

качестве сорбентов выступают цеолиты, опилки, торф и т.п., но самый эффективный сорбент – активированный уголь, так как уголь имеет пористую структуру и за счет этого развитую поверхность» [13].

Достоинства сорбционного метода очистки следующие:

- возможность избирательного поглощения веществ из многокомпонентных растворов;
- высокая эффективность очистки - до 80-95%.

К недостаткам сорбционного метода очистки воды относят:

- правильный выбор активного вещества и его способности к фильтрации и частоте промывки, высокая стоимость;
- при быстром засорении загрузочного материала, требуется частое его очищение и как следствие большой расход вещества;
- громоздкость оборудования.

Одним современных «методов очистки стоков, содержащих нефтепродукты и жиры, является коалесценция (слияния), теория которой лежит в основе работы гидрофобных коалесцирующих фильтров. Именно этот тип сооружений для очистки сточных вод от нерастворимых в воде жидкостей в настоящее время приобрел актуальность и эффективность» [10].

Под коалесценцией понимают слияние частиц дисперсной фазы эмульсии, например нефтепродуктов, с полной ликвидацией первоначально разделяющей частицы межфазной поверхности. Это приводит к изменению фазово-дисперсного состояния и укрупнению капель исходной эмульсии. Система становится кинетически неустойчива и быстро расслаивается.

В основе процессов коалесценции эмульгированных нефтепродуктов и жиров на фильтрующем материале лежат явления адгезии и смачивания, которые в определенной мере влияют и на процессы обычного фильтрования.

Метод коалесценции представляет собой «слияние мелких капель частиц нефтепродуктов внутри подвижной жидкой среды или на

поверхности тел. Укрупнение капель эмульсии происходит под действием сил межмолекулярного притяжения. Сточная вода, загрязненная эмульгированными нефтепродуктами, проходит сквозь колонку, заполненную фильтрующими элементами, обладающей хорошей смачиваемостью. Капли эмульгированных примесей укрупняются на частицах фильтрующего материала и стекают в виде достаточно крупных капель, которые легко отделяются отстаиванием или центрифугированием» [6].

Для высокой степени очистки важно оптимально подобрать олеофильный фильтрующий материал.

Наполнителями «коалесцирующих элементов могут служить:

- твердые материалы (песок, полистирол);
- эластичные с открытыми порами (полиуретановая губка, поролон);
- волокнистые (полипропиленовые волокна).

Основными эксплуатационными характеристиками коалесцирующих элементов являются ресурс и возможность регенерации» [26].

Для «реализации процесса коалесценции необходим материал, отвечающий следующим требованиям:

– промежуточная смачиваемость (она должна быть достаточна для прилипания капель к волокнам, но недостаточна для удержания крупных капель, на которые действует подъемная сила).

– волокнистое строение (обеспечивает большой свободный объем, малое гидравлическое сопротивление; кроме того соответствие диаметра волокон размеру капель обеспечивает хорошую адгезию).

Материал коалесцентного модуля должен непрерывно регенерироваться для обеспечения непрерывности процесса. Вывод дисперсной фазы из объема коалесцентного модуля осуществляется за счет отрыва и всплытия крупных капель, что предотвращает его блокирование.

На основании сформулированных требований перспективным является промышленно изготавливаемый материал из волокнистого полипропилена» [26].

При отсутствии «в нефтесодержащих водах нефтяных эмульсий коалесцирующими элементами можно очистить нефтесодержащие воды до значений менее 15 мг/л» [26].

Наиболее перспективны методы очистки от нефтепродуктов, которые сочетают в себе явление коалесценции и фильтрование через пористые загрузки материалы.

Устройства, основанные на методе коалесценции, получили широкое распространение в тех случаях, когда требуется очистить стойкие эмульсии и туманы, плохо подверженные расслоению. Из наиболее показательных примеров - это очистка нефтепродуктов от водяных включений, либо наоборот очистку сточных вод от маслянистых и тому подобных загрязнителей. Данное устройство укрупняет капли нерастворимых в воде жидкостей без излишних дорогостоящих элементов и позволяет значительно повысить степень очистки сточной воды.

Использование коалесценции в очистке сточных вод позволит значительно снизить нагрузку на основные очистные сооружения, повысить их производительность и тем самым значительно сократить вредные выбросы в окружающую среду.

2.2 Техническое решение оптимизации системы очистных сточных вод на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт»

Для выбора эффективного способа очистки нефтесодержащих вод на нефтебазе, во-первых, нужно провести анализы стока, чтобы определить, насколько он загрязнен нефтепродуктами.

Далее необходимо:

– определить объем стоков;

- выяснить каким нормам предельно допустимых концентраций (далее – ПДК) должен соответствовать сток, чтобы его можно было законно сбросить в технологический цикл и использовать повторно;
- определить финансовые возможности предприятия.

После этого можно перейти к составлению технического решения оптимизации системы очистных сооружений нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт».

2.2.1 Экспериментальные исследования массовой доли нефтепродуктов в пробах сточных вод

Предметом исследования является пробы сточной и очищенной сточной воды на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» по максимальной загрязненности нефтепродуктами. Эксперимент проводился в лабораторных условиях в соответствии с методиками.

Цель: Определить массовую долю нефтепродуктов в пробах сточных вод гравиметрическим методом - ПНД Ф 16.1:2:2:2:2.3:3.64-10.

Теоретическая часть работы: «Определение массовой доли нефтепродуктов основано на их экстракции из образца воздушно-сухой пробы хлороформом, отделении от полярных соединений методом колоночной хроматографии после замены растворителя на гексан и количественном определении гравиметрическим методом» [14].

Реактивы, оборудование, материалы:

- весы лабораторные аналитические типа ВЛР-200,
- гири,
- термометр лабораторный шкальный,
- пипетки градуированные вместимостью 5 см³,
- муфельная печь любого типа, обеспечивающая температурный режим от 150 до 600°С,
- стаканы химические ТС вместимостью 50 см³,
- колонка хроматографическая стеклянная (внутренний диаметр 10 мм),

- фарфоровая ступка с пестиком,
- сито с размером отверстий 1 мм,
- емкость для отбора и хранения проб вместимостью 500-2000 см³,
- баня водяная,
- эксикатор,
- холодильник Либиха,
- бюксы,
- колбы конические (1-150-2, 1-250-2),
- гексан (х.ч.),
- хлороформ (х.ч. или ч.д.а.),
- вода дистиллированная,
- алюминий оксид II степени активности по Брокману,
- стеклянная вата или стекловолокно,
- фильтры обеззоленные «красная лента».

Требования к условиям измерений:

- атмосферное давление, 97,3-104,6 (730-780) кПа (мм рт.ст);
- температура воздуха, (20±5) °С;
- относительная влажность воздуха, не более 80 % при t=25°С;
- напряжение питания электросети, 220±22 В;
- частота переменного тока, 50±1 Гц.

Ход работы:

Отбор проб осуществлялся по «методическим рекомендациям по отбору проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод шламов промышленных сточных вод отходов производства и потребления (ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03)» [15].

Основным требованием к методу отбора и хранения пробы является обеспечение неизменности состава пробы во временном интервале между отбором и выполнением анализа.

Для анализа объединенную пробу составили путем смешивания пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы составила 1 кг. Всего пробных площадок будет 3:

- Т1 – проба воды на входе в нефтеловушку;
- Т2 – проба воды на выходе из нефтеловушки и на вход в очистное сооружение ИНСТЭБ-1/4.2;
- Т3 – проба воды на выходе из очистного сооружения ИНСТЭБ-1/4.2.

«Отобранные пробы сточных вод оставили стоять до полного осветления жидкости. Оставшуюся жидкость удалили сифонированием.

Пробы высушили при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Затем рассыпали на бумаге и пинцетом удалили механические включения, измельчили в фарфоровой ступке. Просеяли через сито с диаметром ячейки 1 мм. Пробу квартировали и отобрали навески для анализа.

Приготовление оксида алюминия II степени активности по Брокману.

Перед использованием оксид алюминия прокалили при температуре 600 °С в течение 4 часов в муфельной печи, охладили в эксикаторе, после чего добавили дистиллированную воду в количестве 3% от массы сорбента, интенсивно перемешали в течение 30 минут в сосуде с пришлифованной пробкой и выдержали перед применением в течение суток. Срок хранения в банке с пришлифованной пробкой 6 месяцев» [14].

Подготовка хроматографической колонки.

«Непосредственно перед выполнением анализа подготовили хроматографическую колонку, представляющую собой стеклянную трубку высотой 12-15 см, диаметром 1 см с оттянутым нижним концом до диаметра, равного 1-2 мм.

В нижнюю часть колонки поместили слой стеклянной ваты толщиной 1 см, затем колонку заполнили оксидом алюминия, слоем 2-8 см и покрыли слоем стеклянной ваты. Оксид алюминия в колонке используют однократно.

Приготовленную колонку установили в штативе, а ее содержимое с помощью пипетки смочили 3-5 см³ гексана» [14].

Под носик колонки поставили взвешенный на аналитических весах пустой стаканчик емкостью 50 см, вес которого составляет $A_2=180$ гр. В таком виде колонка считается готовой к работе. На рисунке 6 предоставлена хроматографическая колонка для проведения анализа на содержание нефтепродуктов в сточной воде.



Рисунок 6 – Хроматографическая колонка для проведения анализа на содержание нефтепродуктов в сточной воде

Масса высушенных образцов проб составила:

- Т1 – проба воды на входе в нефтеловушку – 20 гр.;
- Т2 – проба воды на выходе из нефтеловушки и на входе в очистное сооружение ИНСТЭБ-1/4.2 – 0,8 гр.;
- Т3 – проба воды на выходе из очистного сооружения ИНСТЭБ-1/4.2 – 0,02 гр.

Каждую навеску (Т1, Т2, Т3) поместили в отдельную колбу вместимостью 150 см³, смочили хлороформом до влажного состояния. Затем несколько раз провели экстракцию путем добавления 10-15³ см хлороформа до получения в последних порции бесцветного экстракта. Время проведения каждой экстракции – 5-10 минут.

Экстракты отфильтровали в коническую колбу через фильтр «красная лента». Остаток в колбах, где проводилась экстракция, промыли 5 см³ хлороформа.

Далее провели работы для каждой навески (Т1, Т2, Т3) в следующем порядке.

«Объединенный хлороформный экстракт поставили выпаривать в вытяжном шкафу на водяной бане или удалили хлороформ методом отгонки. С этой целью экстракт поместили в колбу вместимостью 250 см³, которая соединяется с холодильником, и поставили её на водяную баню для выпаривания. Когда в колбе осталось 10-15 см³ жидкости, отгонку прекратили. Содержимое колбы слили в стаканчик вместимостью 50 см³, колбу дважды ополоснули хлороформом по 10 см³. Эти две порции хлороформа слили в тот же стаканчик, который поместили в вытяжной шкаф для испарения.

Оставшийся в стаканчике после испарения хлороформа осадок растворили в 5-10 см³ гексана. Полученный раствор пропустили через хроматографическую колонку, для избавления от полярных соединений.

После того, как над оксидом алюминия остался слой раствора 1-2 см, колонку промыли 2-3 порциями гексана (по 2-3 см³), предварительно ополоснув им стаканчик.

Прошедший через слой алюминия раствор собрали в заранее взвешенный и доведенный до постоянного веса стаканчик» [14].

Гексан испарили в токе воздуха при комнатной температуре. После полного удаления гексана стаканчик взвесили на аналитических весах, вес которого по каждой навеске составил:

- T1 – проба воды на входе в нефтеловушку – 180,55 гр.;
- T2 – проба воды на выходе из нефтеловушки и на входе в очистное сооружение ИНСТЭБ-1/4.2 – 180,39 гр.;
- T3 – проба воды на выходе из очистного сооружения ИНСТЭБ-1/4.2 – 180,025 гр.

Затем выдержали навески в течение получаса в лаборатории и повторно взвесили. Взвешивание повторяли до достижения постоянной массы, которая составила:

- $A_{1T1}=180,5162$ гр. – проба воды на входе в нефтеловушку;
- $A_{1T2}=180,3768$ гр. – проба воды на выходе из нефтеловушки и на входе в очистное сооружение ИНСТЭБ-1/4.2;
- $A_{1T3}=180,02$ гр. – проба воды на выходе из нефтеловушки и на входе в очистное сооружение ИНСТЭБ-1/4.2.

Результаты расчетов и наблюдений.

Проведем расчет для первой навески, а по остальным навескам данные сведем в таблицу 7.

Исходные данные первой навески:

- навеска образца взятого для анализа: $V_{T1} = 20$ гр;
- масса стаканчика с остатком: $A_{1T1} = 180,5162 \cdot 10^3$ мг;
- масса пустого стаканчика: $A_{2T1} = 180 \cdot 10^3$ мг.

Определим массу нефтепродуктов по формуле 1 по разности массы стаканчика с остатком (A_1) и пустого стаканчика (A_2):

$$A_{T1} = A_{1T1} - A_{2T1} = 0,5162 \cdot 10^3 \text{ мг.} \quad (1)$$

Содержание нефтепродуктов (X , млн^{-1}) вычислим по формуле 2:

$$X_{T1} = \frac{A_{T1}}{V_{T1}} \cdot 1000, \quad (2)$$

где A_{T1} – найденное количество нефтепродуктов (для T1), мг;

V_{T1} – навеска образца, взятая для анализа (для T1), г.

Проведем расчет по формуле 1:

$$X_{T1} = \frac{0,5162 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} \cdot 1000 = 25,81 \text{млн}^{-1} = 90,3 \text{ мг/м}^3.$$

Содержание нефтепродуктов (X_{T1} , %) вычисляют по формуле 3:

$$X_{T1} = \frac{A_{T1}}{V_{T1}} \cdot 0,1, \quad (3)$$

где A_{T1} – найденное количество нефтепродуктов (для T1), мг;

V_{T1} – навеска образца, взятая для анализа (для T1), г.

$$X_{T1} = \frac{0,5162 \cdot 10^3}{20 \cdot 10^3} \cdot 0,1 = 2,581 \cdot 10^{-3} \%$$

Результат измерения X_{T1} в документах, предусматривающих его использование, представляют в виде:

$$X_{T1} \pm \Delta, P=0,95,$$

где X_{T1} – единичный результат измерения, млн (%);

Δ – показатель точности методики, млн (%).

Значение Δ рассчитывают по формуле 4:

$$\Delta = 0,01 \cdot \delta \cdot X_{T1} \quad (4)$$

Значение относительной погрешности δ приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели точности методики

Диапазон измерений	Показатель точности (границы относительной погрешности при вероятности P=0,95), ± δ, %
Почвы, грунты, донные отложения, илы, осадки сточных вод (млн ⁻¹ , массовая доля)	
От 20 до 100 вкл.	40
Со 100 до 50000 вкл.	30
Отходы (% , массовая доля)	
От 0,02 до 1 вкл.	45
Св. 1 до 100 вкл.	35

Рассчитаем значение Δ (млн.) для пробы по формуле 4:

$$\Delta_{T1\text{нефтепродукты,млн}} = 0,01 \cdot \delta \cdot X_{T1\text{нефтепродукты,млн}} = 0,01 \cdot 40 \cdot 25,81 = 10,324 \text{ млн}^{-1}$$

Рассчитаем значение Δ (%) для пробы:

$$\Delta_{T1\text{нефтепродукты,\%}} = 0,01 \cdot \delta \cdot X_{T1\text{нефтепродукты,\%}} = 0,01 \cdot 45 \cdot 2,581 \cdot 10^{-3} = 1,16 \cdot 10^{-3} \%$$

Единичный результат измерения X_{T1} (млн⁻¹) для навески T1 следующий:

$$X_{T1} \pm \Delta = 25,81 \pm 10,324; P = 0,95 \text{ млн}^{-1}.$$

Единичный результат измерения X_{T1} (мг/дм³) для навески T1 следующий:

$$X_{T1} \pm \Delta = 90,3 \pm 36,12; P = 0,95.$$

Единичный результат измерения X_{T1} для навески T1 составляет (%):

$$X_{T1} \pm \Delta = 2,581 \cdot 10^{-3} \pm 1,16 \cdot 10^{-3}; P = 0,95 \%$$

Расчетные данные по всем навескам представлены в таблице 7.

Из представленных данных в таблице можно сделать вывод, что проба Т1 на входе в нефтеловушку содержала максимальную концентрацию нефтепродуктов по загрязненности сточных вод на предприятии. Проба Т2, после нефтеловушки, содержит массовую концентрацию нефтепродуктов превышающую 6,5 раз от норматива ПДК. Проба Т3, после установки ИНСТЭБ-1/4.2 не превышает нормативного требования ПДК.

Таблица 7 – Массовая концентрация нефтепродуктов по результатам измерения проб

Массовая концентрация нефтепродуктов					
Норматив качества, мг/дм ³	Результат измерения, $X \pm \Delta$, $P = 0,95$ мг/дм ³			Метод анализа	Обозначение методики измерения
	Т1	Т2	Т3		
10	$90,3 \pm 36,12$	$65,92 \pm 7,536$	$3,5 \pm 1,4$	гравиметрический	ПНД Ф 16.1:2:2:2:3:3.64- 10

Теперь рассчитаем эффективность очистки сточных вод на имеющихся очистных сооружениях предприятия по полученным экспериментальным данным.

Оценивать эффективность очистки сточных вод от загрязняющих веществ очистными сооружениями предприятия будем по следующей формуле:

$$\eta_0 = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где η_0 – эффективность очистки (%);

C_1 – концентрация загрязняющего вещества в сточной воде на входе (мг/л);

C_2 – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах после очистки (мг/л).

Подставим значения в формулу 5, получаем следующие данные.

Эффективность очистки сточных вод после нефтеловушки:

$$\eta_1 = \frac{90,3 - 65,92}{90,3} \cdot 100\% = 27\%,$$

где η_1 – эффективность очистки от нефтепродуктов после нефтеловушки (%).

Эффективность очистки сточных вод после установки ИНСТЭБ-1/4.2:

$$\eta_2 = \frac{90,3 - 3,5}{90,3} \cdot 100\% = 96\%,$$

где η_2 – эффективность очистки от нефтепродуктов после установки ИНСТЭБ-1/4.2 (%).

Полученные расчеты сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Эффективность очистки

Показатель	Содержание на входе	1 этап – нефтеловушка	η_1 (%)	2 этап - установка очистки сточных вод ИНСТЭБ-1/4.2	η_2 (%)
Концентрация нефтепродуктов, мг/л	$C_1 = 90,3$	65,92	$\eta_1 = 27\%$	3,5	$\eta_2 = 96$

Данный эксперимент показал, что эффективность очистки сточных вод после нефтеловушки всего 27%, что является низким нормативным показателем.

Так же, согласно паспортным данным очистной установки ИНСТЭБ-1/4.2, очищенные стоки должны содержать в своем составе концентрации загрязнения нефтепродуктами – 0,05 мг/л. По расчетным данным состав концентрации загрязнения нефтепродуктами после установки ИНСТЭБ-1/4.2 – 3,5 мг/л. Соответственно концентрация нефтепродуктов в очищенной сточной воде не соответствует заявленным значения по концентрации загрязняющих веществ на выходе после установки ИНСТЭБ-1/4.2 и превышает ее содержание в 70 раз.

Делаем вывод, что очистка на данных очистных сооружениях является неэффективной, необходимо заменить оборудование путем оптимизации существующей системы очистных сооружений.

2.2.2 Определение количества дождевых стоков с территории нефтебазы

Определение количества дождевых стоков с территории нефтебазы ведется по методу предельных интенсивностей, т.е по максимальному количеству осадков, выпадающих на данной территории согласно рекомендациям СНиП 2.04.03-85 по формуле:

$$q = \frac{z_{min} \cdot A^{1.2} \cdot F}{t_r^{1.2 \cdot n - 0.1}}, \quad (6)$$

где z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность стока. Принимается как средневзвешенная величина в зависимости от коэффициентов z , характеризующих поверхность и принимаемых по таблице 10 СНиП: $z_{mid} = 0,154$;

A – параметр, определяемой по формуле 6;

F – расчетная площадь водосбора, состоящая из грунтовых и асфальтированных поверхностей. Площадь грунтовых поверхностей составляет 12450 м², площадь твердых покрытий – 7180 м². $F_{общ} = 196301 \text{ м}^2 = 1,963 \text{ га}$;

t_r – расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам в мин: $t_r = 15$ мин.

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg(P)}{\lg(m)}\right)^y \quad (7)$$

где q_{20} – интенсивность дождя л/с на 1 га в Республике Татарстан продолжительностью 20 минут, при $P = 1.0$ год; $q_{20} = 70 \frac{\text{л}}{\text{с}}$;

n – показатель степени равной 0,59;

P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя принимается по таблице 6 СНиП; $P = 0,5$;

m – среднее количество дождей за год, принимаемое по таблице 4 СНиП; $m = 150$;

y – показатель степени равной 1.54.

Рассчитаем значение A по формуле 7:

$$A = 70 \cdot 20^{0,59} \cdot \left(1 + \frac{\lg(0,5)}{\lg(150)}\right)^{1,54} = 326.$$

Подставим все значения в формулу 6, получаем следующий расчет:

$$q = \frac{0,109 \cdot 326^{1,2} \cdot 1,963}{15^{1,2 \cdot 0,50,1}} = 60,4 \text{ л/с.}$$

Суточные расходы дождевых стоков с технологических площадок определяются по формуле 8:

$$Q_{\text{сут}} = F \cdot K_{\text{ст}} \cdot i, \quad (8)$$

где F – площадь водосбора в квадратных метров;

$K_{ст}$ – коэффициент стока для водонепроницаемых поверхностей равный 0,87, для грунтовых поверхностей – 0,20;

i – максимальное суточное количество осадков, выпавших на площади в один метр квадратный. Согласно многолетним наблюдениям республиканского Гидрометеоцентра, данный показатель для данного района равен 16 мм при 63% обеспеченности дождей.

Суточные расходы дождевых стоков с площадок составляют:

- посты железнодорожного слива – 10,44 м³/сут;
- резервуарные парки с грунтовыми поверхностями - 39,8 м³/сут;
- территория с твердыми покрытиями и проездов – 97,6 м³/сут.

Суммарный суточный расчетный расход дождевых стоков составляет 148,04 м³/сут.

Годовое количество смешанных осадков выпадающих на данной площади при годовом нормативном количестве осадков 550 мм с одного квадратного метра для данного района республики равно:

$$Q_{год} = 0,550 \text{ м} \cdot 19630 \text{ м}^2 \cdot 0,6 = 6478,0 \text{ м}^3/\text{год},$$

где 0,6 – коэффициент годовой неравномерности выпадения осадков.

Основными примесями, содержащимися в дождевом стоке, являются крупнодиспергированные примеси и нефтепродукты, сорбированные, в основном на взвешенных веществах.

Концентрация загрязнения в дождевых стоках нефтепродуктов принимается со следующими значениями:

- с проездов нефтебазы согласно ВСН 01-89 – до 40 мг/л;
- с постов железнодорожного слива нефтепродуктов согласно ВНТП 5-95 составляет 50 мг/л;

– с резервуарного парка наземных резервуаров согласно ВНТП 5-95 составляет 100 мг/л.

Усредненное значение загрязнения нефтепродуктами на территории нефтебазы составляет 60,4 мг/л.

Предполагаемое годовое количество загрязнения, уловленного на локальных очистных сооружениях, при общем годовом расходе загрязненных стоков количестве 6478,0 кубометра и усредненным значением загрязнения в количестве 60,4 мг/л нефтепродуктов рассчитаем по формуле 9:

$$P_{н.п} = \frac{60,4 \text{ мг/л} \cdot 6478,0 \text{ м}^3}{1000} = 391,3 \text{ кг.} \quad (9)$$

Таким образом, по расчетным данным мы получили, что годовое количество смешанных осадков выпадающих на данной площади составит:

$$Q_{\text{год}} = 6478,0 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Предполагаемое годовое количество загрязнения, уловленного на локальных очистных сооружениях составит: $P_{н.п} = 91,3 \text{ кг.}$

2.2.3 Финансовые возможности нефтебазы

Учет и контроль за финансово-хозяйственной деятельностью нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» осуществляет холдинговая компания АО «Татнефтепродукт». Стратегия холдинговой компании по данной деятельности строиться на основе бюджетирования. Бюджет прогнозируется на ближайший финансовый год.

Для покупки и установки нового оборудования специалисты холдинговой компании должны заложить в бюджет предприятия прогнозируемую стоимость проекта модернизации очистных сооружений нефтебазы. В дальнейшем все работы будут зависеть от финансового состояния холдинговой компании, ее ресурсов и платежеспособности.

Закупка нового оборудования, правильное измерение и мониторинг концентрации нефтепродуктов в сточных водах, соблюдение норм ПДК и

следование законодательству – все это необходимо предприятию не только чтобы защититься от административной ответственности, но и для защиты окружающей среды.

2.3 Предлагаемая установка нефтеловушки

В качестве усовершенствования и оптимизации процесса очистки на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» предлагается заменить старую нефтеловушку на новое оборудование.

Нефтеловушка предназначена для очистки загрязненной воды от нефтепродуктов.

По принципу действия нефтеловушки можно подразделить на три основных вида:

- нефтеловушка гравитационного типа, принцип действия которого основан на разнице в плотностях нефтепродуктов и воды;
- нефтеловушка коалесцентного типа, принцип действия основан на интенсификации гравитационного отделения нефтепродуктов за счет использования коалесцентных модулей;
- нефтеловушка сорбционного типа, принцип действия основан на поглощении нефтепродуктов.

По исполнению нефтеловушки распределяются на:

- модульные нефтеловушки, которые заранее изготавливаются на заводе и размещаются в готовых корпусах (материал корпусов - стеклопластик, полиэтилен, полипропилен, сталь и т.д.);
- бетонные нефтеловушки, изготавливаются и монтируются непосредственно на предприятии;
- метало-сварные нефтеловушки, которые также изготавливаются и монтируются непосредственно на объекте.

В последнее время широкое распространение получили нефтеловушки модульного типа, поставляемые в максимальной заводской готовности, что позволяет существенно сократить сроки и стоимость монтажа.

По способу размещения нефтеловушки делятся на следующие виды: подземные, наземные (чаще всего располагаются внутри помещений), мобильные, располагающиеся на платформах автомобилей, ж/д вагонах и т.д.

По режиму движения жидкости нефтеловушки распределяются на:

- самотечные (очищаемый сток движется за счет гравитационных сил, обычно это разница высот между входом и выходом нефтеловушки);
- напорные (сток движется за счет напора, создаваемого насосом, установленного либо перед нефтеловушкой, либо после нее);
- накопительные (сток сначала накапливается в корпусе нефтеловушки, затем производится отделение нефтепродуктов из воды, затем очищенная вода отводится в систему канализации, или на рельеф, или для дальнейшей доочистки).

По степени очистки нефтеловушки подразделяются на:

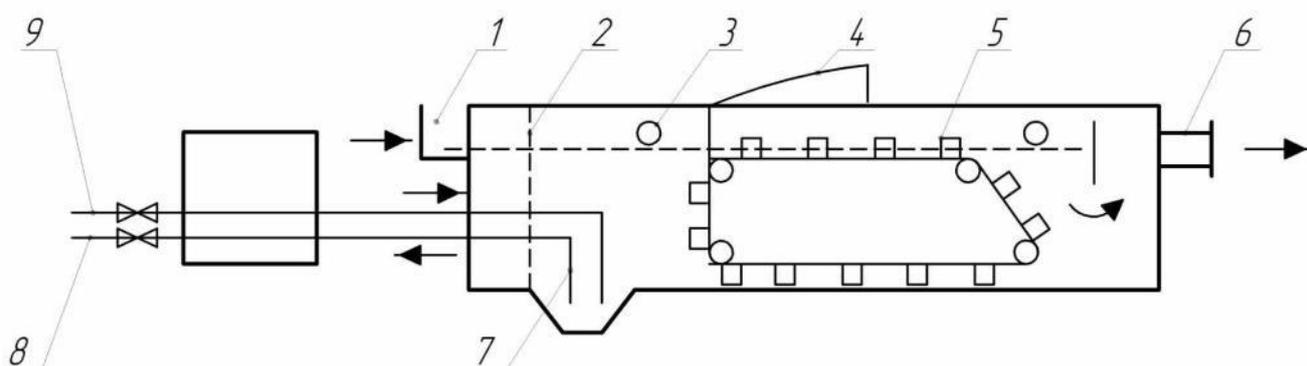
- нефтеловушки II класса (концентрация нефтепродуктов в очищенной воде до 5 мг/л);
- нефтеловушки I класса (концентрация нефтепродуктов в очищенной воде в пределах - 0-5 мг/л).

В соответствии с европейскими и российскими нормами каждая нефтеловушка должна быть снабжена «сигнализатором предельного уровня отделившихся нефтепродуктов для своевременного проведения их выемки и дальнейшей утилизации» [33].

На данный момент при откачке воды из нефтеловушки используемой на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» концентрация нефтепродуктов в ней по проведенным экспериментальным данным составляет 58,4-73,5 мг/дм³, с помощью новой нефтеловушки предполагается снизить концентрацию до 0,05-0,3 мг/дм³.

Таким оборудованием может послужить нефтеловушка с коалесцентными модулями, представленной на Рисунке 7. Данный аппарат «позволяет повысить эффективность очистки сточной воды и уменьшить концентрацию загрязняющих веществ, вода на выходе уже может быть вполне пригодной для вторичного использования в технических целях» [31] и сразу подаваться на автомойку и технические нужды предприятия, что дает немалую экономию средств.

Нефтеловушка с коалесцентными модулями «является наиболее экономически и экологически выгодной, по сравнению с другими аппаратами очистки. Для данного предприятия это является немаловажным фактором при выборе нового оборудования» [1].



1 – подводящая труба; 2 – щелевая распределительная перегородка; 3 – нефтесборная труба; 4 – механизм передвижения скребков; 5 – скребковый транспортер; 6 – трубопровод отвода осветленной воды; 7 – коалесцентные модули; 8 – подача воды; 9 – отвод осадка

Рисунок 7 – Установка коалесценции

Принцип работы предлагаемой нефтеловушки с коалесцентными модулями заключается в следующем.

Коалесцентный модуль представляет собой склеенные в кассеты тонкослойные гофрированные пластины из полипропилена. Общая площадь

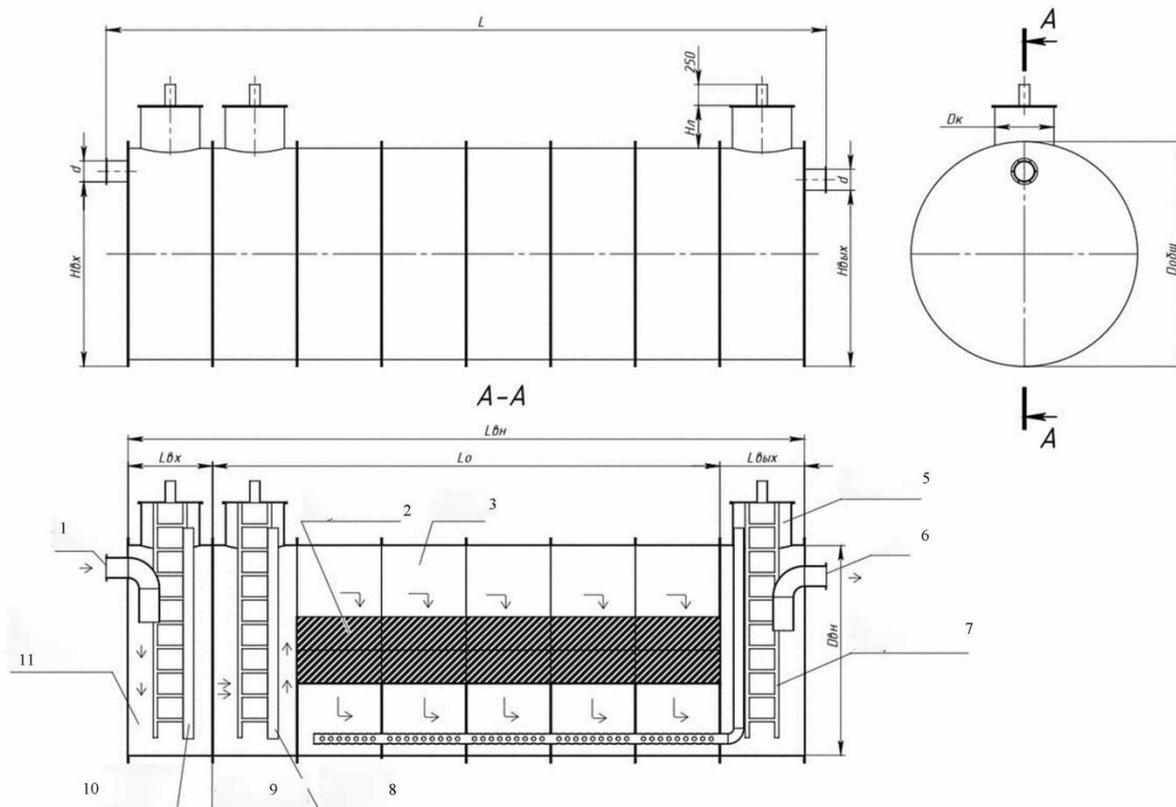
участвующих в очистке пластин весьма значительна - до 240 м² на 1 м³ модуля.

Полипропилен обладает гидрофобностью (т.е. не смачивается водой, отталкивает ее), но собирает на своей поверхности жидкие углеводороды. Взвешенные капли нефтепродуктов слипаются, увеличиваются в объеме и отделяются от воды, затем всплывают на ее поверхность или оседают на дно.

Прохождение жидкости через модули всегда сопряжено с микровибрацией, что позволяет системе постоянно самоочищаться.

В итоге нефтепродукты образуют на поверхности воды и в придонном пространстве толстый несмешиваемый слой, который время от времени откачивается и утилизируется. Освобожденная от примеси масел и бензина вода продолжает дальнейшее движение к другим устройствам локальной очистной системы.

Нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» предлагается произвести установку горизонтального нефтеуловителя (маслобензоотделитель, нефтеловушка) МБО завода «Факел» г. Самары с коалесцентным модулем [3], представленного на рисунке 8.



1 – вход стока; 2 – коалесцентный модуль; 3 – камера очистки; 5 – технический колодец; 6 – выход стока; 7 – лестница для обслуживания камер; 8 – стойка для откачки осадка; 9 – перегородка фильтрсеткой; 10 – стойка для откачки осадка; 11 – камера для осаждения крупных частей

Рисунок 8 – Горизонтального нефтеловителя (маслобензоотделитель, нефтеловушка) МБО завода «Факел» г.Самары [3]

Предприятие «Факел» выпускает данные нефтеловушки в двух вариантах исполнения:

- горизонтальный нефтеловитель (маслобензоотделитель) с коалесцентным модулем МБО-2-25;
- горизонтальный нефтеловитель (маслобензоотделитель) МБО-3-25 с коалесцентным модулем и микрофильтром.

Назначение нефтеловушек МБО-2-25 и МБО-3-25:

- «используются для очистки стоков от нефтепродуктов, масляных и нефтяных взвесей;

– нефтеуловители очищают сточные воды на нефтебазе от загрязнений, содержание нефтепродуктов на выходе не превышает 0,3 мг/литр, взвешенных веществ - до 20 мг/литр» [3].

Принцип работы нефтеловушек:

– «нефтеуловитель МБО-2-25 - горизонтальная цилиндрическая емкость, с двуступенчатой системой очистки ливневой канализации; основной фильтрующий элемент стоков - коалесцентный модуль, который увеличивает общую эффективность системы более чем на 40% по сравнению с обычными отстойниками;

– загрязненные стоки проходят через коалесцентный модуль из полипропилена; проходя через него, масло- и нефте-содержащие элементы отделяются от воды, образуя пленку и всплывают на поверхность стоков, затем масляная пленка откачивается;

– нефтеуловитель МБО-3-25 очистка ливневых сточных вод происходит путем прохождения загрязненных стоков через отсеки очистного сооружения, в одном из которых установлены коалесцентные модули, затем происходит тонкая очистка с помощью установленного микрофильтра на выходе из отсека с тонкослойными модулями» [3].

Коалесцентные модули - это тонкослойные гофрированные полипропиленовые пластины. Полипропилен отталкивает воду и притягивает горюче-смазочные масла. В модуле происходит отделение нерастворенных взвесей и масел размером более 0,2 мм и плотностью меньше 1500 кг/м³, в результате на поверхности образуется масляный слой. При техническом обслуживании этот слой откачивают. Чем больше размер масляных капель, тем выше скорость их подъема на поверхность стоков.

Коалесцентные модули создают максимальный контакт пластин модуля и очищаемых стоков. Это способствует более интенсивному укрупнению частиц нефтепродуктов. Коалесцентные модули

самоочищаются от собственной вибрации, которая возникает при протекании сточных вод.

Микрофильтр, установленный на выходе нефтеловушки, производит тонкую очистку стоков.

Микрофильтр представляет собой лист ретикулированного пенополиуретана (ППУ), который обеспечивает глубокую фильтрацию воды от крупных и средних частиц, не создавая при этом сопротивление потоку.

Для увеличения производительности очистки стоков, дополнительно возможна комплектация пескоуловителем, сорбционным фильтром.

Производительность нефтеловушек: от 360 м³/ч до 1630 м³/ч. Очистка воды составляет до 99.9% [3]

Монтаж оборудования: «нефтеуловители имеет небольшие размеры, поэтому могут быть установлены в помещении или под землей, глубина монтажа до 10 метров; в подземном варианте нефтеуловители дополнительно комплектуется техническим колодцем (удлиненной горловиной) с лестницей для обслуживания» [3].

Предприятие «Факел» изготавливает данные нефтеловушки и по индивидуальным заказам.

Определим параметры новой нефтеловушки.

Расчет новой нефтеловушки сводится «к определению габаритов установки, оценки эффективности работы сооружения, установки остаточного содержания нефтепродуктов в воде» [4].

Из подраздела 2.2.2 работы определяем, что средний расход нефтесодержащих вод на нефтебазе $Q_{\text{ср}} = 148,04 \text{ м}^3/\text{сут}$. Принимаем температуру $T_B = 273 \text{ К}$, плотность нефтяных частиц $\gamma_n = 840 \text{ кг}/\text{м}^3$

1. Определим расчетный часовой расход Q_p нефтесодержащих вод по следующей формуле 10:

$$Q_p = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot k_{\text{час}}}{24} = \frac{148,04 \cdot 1,3}{24} = 8,01 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (10)$$

где $k_{\text{час}}$ – часовой коэффициент неравномерности поступления нефтесодержащих вод, $k_{\text{час}}=1,3$.

По пропускной способности нефтеловушки $Q_p = 8,01 \text{ м}^3/\text{ч}$ принимается типовая нефтеловушка в соответствии с таблицей 9.

Таблица 9 – Основные параметры типовых горизонтальных нефтеловушек

Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{ч}$	Число секций	Глубина проточной части, м	Размеры одной секции, м			Номер типового проекта
			ширина	длина	высота	
18	1	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-157
36	2	1,20	2	12	2,4 и 3,6	902-2-158
72	2	1,25	3	18	2,4 и 3,6	902-2-159
108	2	1,50	3	24	2,4 и 3,6	902-2-160
162	2	2,00	3	30	2,4 и 3,6	902-2-161
396	2	2,00	6	36	2,4	902-2-3
594	3	2,00	6	36	2,4	902-2-17
792	4	2,00	6	36	2,4	902-2-18

Номер типового проекта: 902-2-157. Исходные данные будут следующие: ширина секции 2 м, глубина отстаиваемого слоя $H_{\text{сет}} = 1,2 \text{ м}$., количество секций нефтеловушки $n = 1$.

2. Рассчитываем скорость всплытия нефтяных частиц, которая определяется по формуле 11, принимая крупность всплывающих частиц $d = 0,000076 \text{ м}$:

$$u_0 = \frac{(\gamma_B - \gamma_H) \cdot g \cdot d^2}{1,8 \cdot \mu} \quad (11)$$

где γ_B, γ_H – плотность воды и нефти, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\gamma_B = 999,8$; $\gamma_H = 840 \text{ кг}/\text{м}^3$;

g – ускорение свободного падения;

d – крупность всплывающих нефтяных частиц, м;

μ – динамическая вязкость воды при заданной температуре T в представленной в таблице 10.

Таблица 10 – Зависимость динамической вязкости и плотности воды от температуры

T, K	273	275	278	283	288	293	298	303
$\mu_B 10^3, Pa \cdot c$	1,792	1,673	1,519	1,308	1,140	1,005	0,894	0,801
$\rho_B, кг/м^3$	999,8	999,9	1000,0	999,7	999,0	998,2	997,1	995,7

Подставим данные значения в формулу 11 и рассчитаем:

$$u_0 = \frac{(999,8 - 840) \cdot 9,81 \cdot 0,000076^2}{18 \cdot 1,792 \cdot 10^{-3}} = 2,8 \cdot 10^{-4} м/с = 2,8 мм/с.$$

3. Принимаем скорость движения воды $v = 5$ мм/с и по формуле (12) рассчитаем продолжительность всплывания нефтяных частиц t_p :

$$t_p = \frac{H_{set}}{3,6 \cdot v} = \frac{1,2}{3,6 \cdot 5} = 0,067 \text{ ч.} \quad (12)$$

4. В зависимости от соотношений v/u_0 принимается коэффициент, учитывающий турбулентность потока воды, a . Данные значения приведены в таблице 12.

Находим следующее соотношение:

$$\frac{v}{u_0} = \frac{5}{2,8} = 1,78.$$

Тогда из таблицы 11 принимаем коэффициент учитывающий турбулентность потока воды, $a = 1,5$

Таблица 11 – Значение коэффициента, учитывающего турбулентность потока воды

v/u_0	0.1	10	15	20
a	1.2	1.5	1.65	1.75

5. Длину (L) отстойной части сооружения определим по формуле 13:

$$L = \frac{a \cdot H_{set} \cdot v}{u_0} = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 5}{2,8} = 3,21 \text{ м.} \quad (13)$$

где L – длина отстойной части, м;

a – коэффициент, который учитывает турбулентность водного потока;

H_{set} – глубина отстаиваемого слоя, м;

v – скорость, с которой движется вода, измеряется, мм/сек;

u_0 – скорость всплывания на поверхность частиц нефти (берется с учетом кинетики всплывания нефти), мм/сек.

Длина не превышает фактическую для выбранного типового проекта нефтеловушки, поэтому принимаем длину отстойной части $L=4$ м.

6. Определяем продолжительность отстаивания t'_p по формуле 14:

$$t'_p = \frac{L}{3,6 \cdot v} = \frac{4}{3,6 \cdot 5} = 0,222 \text{ ч.} \quad (14)$$

Расчитанная продолжительность отстаивания t'_p должна быть не менее t_p . В противном случае изменяют глубину слоя воды H_{set} или скорость движения воды v .

Проверяем соотношение t'_p и t_p : $0,222 > 0,067$. Расчеты соответствуют требованиям по норме.

7. Определяется количество задержанных нефтепродуктов Q_{oil} , м³/сут по формуле 15:

$$Q_{oil} = \frac{Q \cdot (A_{en} - A_{ex})}{\gamma_{oil} \cdot 30 \cdot 10^4} \quad (15)$$

где A_{en} , A_{ex} – концентрация нефтепродуктов соответственно в исходной и осветленной воде, мг/дм³;

γ_{oil} – объемная масса обводненных нефтепродуктов, равная 0,95 м³/т.

$$Q_{oil} = \frac{148,04 \cdot 24 \cdot (60,4 - 0,5)}{0,95 \cdot 30 \cdot 10^4} = 0,746 \sim 0,75 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Степень очистки от нефтепродуктов:

$$\eta = \frac{60,4 - 0,5}{60,4} \cdot 100\% = 99,17\%$$

Основные технические параметры новой нефтеловушки сведем в таблице 12.

Таблица 12 – Техническая характеристика новой нефтеловушки

Характеристика	Единица измерения	Значение
Производительность нефтеловителя	м ³ /час	148,04

Продолжение таблицы 12

Время пребывания в отстойной части	часов	0,67
Длина отстойной части нефтеловушки	м	4
Число секций	штук	1
Количество задержанных нефтепродуктов	м ³ /сут.	0,75
Степень очистки	%	99,17

Таким образом, после установки новой нефтеловушки с коалесцентными модулями в очистные сооружения нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» процесс очистки на предприятии изменится.

Очищенную воду после новой нефтеловушки сразу можно будет использовать для технических нужд - на мойку, пополнение пожарных резервуаров, тем самым у предприятия оптимизируются затраты в части эксплуатации установки ИНСТЭБ-1/4.2.

Устройство нефтеловушки с коалесцентными модулями позволит также значительно повысить эффективность очистки сточных вод на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт».

Глава 3 Расчет материального баланса

3.1 Материальный баланс применяемой нефтеловушки

Для оценки «эффективности применяемой и предлагаемой нефтеловушки очистки сточных вод и анализа рациональности выбора новых технологий необходимо провести материальный баланс» [2].

Рассчитаем материальный баланс применяемой нефтеловушки по нефтепродуктам, которые подвергаются очистке.

Определим массу загрязняющих веществ, поступающих в аппарат $G_{\text{вход}}$, г/сут, по формуле 16:

$$G_{\text{вход}} = q \cdot C_{\text{пост}}, \quad (16)$$

где q – объем сточных вод, м³/сут., который составляет $q = 148,04$ м³/сут.;

$C_{\text{пост}}$ – концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистку, мг/л. Для расчета используем усредненное значение загрязнения, которое составляет $C_{\text{пост}} = 60,4$ мг/л.

На основании определенных данных произведем расчет $G_{\text{вход}}$, г/сут:

$$G_{\text{вход}} = 148,04 \cdot 60,4 = 8941,616 \text{ г/сут} = 8,94 \text{ кг/сут.}$$

Определим массу загрязняющих веществ, поглощенных в аппарате, $G_{\text{погл}}$, г/сут, по формуле 17:

$$G_{\text{погл}} = G_{\text{вход}} \cdot \alpha, \quad (17)$$

где α – степень очистки аппарата по данному загрязняющему веществу, %.

Для расчета применяем эффективность очистки, полученного экспериментальным способом выше в работе, т.е. $\alpha = 27\%$.

$$G_{\text{погл}} = 8941,616 \cdot 0,27 = 2414,24 \text{ г/сут} = 2,41 \text{ кг/сут.}$$

Определим массу загрязняющих веществ на выходе из аппарата, $G_{\text{выход}}$, г/сут, по формуле 18:

$$\begin{aligned} G_{\text{выход}} &= G_{\text{вход}} \cdot (1 - \alpha) = 8941,616 \cdot (1 - 0,27) = & (18) \\ &= 6527,3797 \text{ г/сут} = 6,52 \text{ кг/сут.} \end{aligned}$$

Результаты расчетов массы загрязняющих веществ по нефтепродуктам представлены в виде таблицы 13.

Таблица 13 – Результаты расчетов массы загрязняющих веществ применяемой нефтеловушки

Наименование загрязняющего вещества	Масса загрязняющего вещества						Степень очистки, %
	кг/сут			т/год			
	на входе	поглощено	на выходе	на входе	поглощено	на выходе	
Применяемая нефтеловушка							
Нефтепродукты	8,94	2,41	6,52	3,263	0,88	2,38	27

Из приведенных данных составим материальный баланс применяемой нефтеловушки, результаты представим в таблице 14.

Для расчета используем усредненное значение прочих осадений, которое составит на выходе $P_{\text{вых}} = 0,02 \text{ кг/м}^2 \cdot 24 = 0,48 \text{ кг/сут.}$

Таблица 14 – Материальный баланс применяемой нефтеловушки

Приход		Расход	
Вещество	кг/сут	Вещество	кг/сут
Вода	148031,06	Вода	148030,58
Нефтепродукты	8,94	Нефтепродукты	6,52
		Отведенный нефтепродукт	2,42
		Прочие осадения	0,48
ИТОГО	148040	ИТОГО	148040

Из приведенных результатов материального баланса видно, что применяемая нефтеловушка на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» не обеспечивает эффективную очистку. Вода, забираемая из применяемой нефтеловушки на нефтебазе, содержит в себе 73% загрязняющих веществ по нефтепродуктам, тем самым предприятие вынуждено использовать дополнительное оборудование для очистки сточной воды до нормативных показателей.

3.2 Материальный баланс предлагаемой нефтеловушки

Рассчитаем материальный баланс новой нефтеловушки по нефтепродуктам, которые будут подвергаться очистке.

Исходные данные берем следующие:

- объем сточных вод составляет $q = 148,04 \text{ м}^3/\text{сут.}$;
- усредненное значение загрязнения нефтепродуктами составляет $C_{\text{пост}} = 60,4 \text{ мг/л}$
- эффективность очистки, который рассчитан выше в подразделе 2.3 работы составляет: $\alpha = 99,17\%$.

Определим массу загрязняющих веществ, поступающих в новую нефтеловушку $G_{\text{вход}}, \text{ г/сут.}$, по формуле 16:

$$G_{\text{вход}} = 148,04 \cdot 60,4 = 8941,616 \text{ г/сут} = 8,94 \text{ кг/сут.}$$

Определим массу загрязняющих веществ, поглощенных в новой нефтеловушке, $G_{\text{погл}}$, г/сут, по формуле 17:

$$G_{\text{погл}} = 8941,616 \cdot 0,9917 = 8867,4 \text{ г/сут} = 8,87 \text{ кг/сут.}$$

Определим массу загрязняющих веществ на выходе из новой нефтеловушки, $G_{\text{выход}}$, г/сут, по формуле 18:

$$G_{\text{выход}} = 8941,616 \cdot (1 - 0,9917) = 74,2154 \text{ г/сут} = 0,074 \text{ кг/сут.}$$

Результаты расчетов массы загрязняющих веществ по нефтепродуктам после отработки в новой нефтеловушке представим в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты расчетов массы загрязняющих веществ в новой нефтеловушке

Наименование загрязняющего вещества	Масса загрязняющего вещества						Степень очистки, %
	кг/сут			т/год			
	на входе	поглощено	на выходе	на входе	поглощено	на выходе	
Новая нефтеловушка							
Нефтепродукты	8,94	8,866	0,074	3,263	3,238	0,027	99,17

Из приведенных данных составим материальный баланс новой нефтеловушки, результаты представим в таблице 16.

Для расчета используем усредненное значение прочих осадений, которое составит на выходе $P_{\text{вых}} = 0,02 \text{ кг/м}^2 \cdot 24 = 0,48 \text{ кг/сут}$.

Таблица 16 – Материальный баланс новой нефтеловушки

Приход		Расход	
Вещество	кг/сут	Вещество	кг/сут
Вода	148031,06	Вода	148030,58
Нефтепродукты	8,94	Нефтепродукты	0,074
-	-	Отведенный нефтепродукт	8,866
-	-	Прочие осадения	0,48
ИТОГО	148040	ИТОГО	148040

Из приведенных результатов материального баланса новой нефтеловушки видно, что эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов на новом оборудовании увеличиться почти в 4 раза. Содержание нефтепродуктов на выходе из новой нефтеловушки не превысит 0,3 мг/л, что соответствует нормативным требованиям по сточной воде и не требует дополнительных затрат для предприятия по доочистки воды.

3.3 Анализ преимуществ предлагаемой технологии

Маслобензоотделители (нефтеловушки) - это одни «из обязательных элементов ливневой канализации или дренажной системы. Строгими нормами санитарно-эпидемиологического надзора категорически запрещено сбрасывать сточные воды без ее тщательной очистки. При этом неважно, использовалась ли вода в каком-либо технологическом процессе или выпала с атмосферными осадками - последняя загрязнена ничуть не меньше, так как по пути к колодцам или лоткам ливневой канализации она успевает насытиться продуктами нефтепереработки, осевшими на землю промышленными выбросами и другими опасными для человека химическими веществами» [8].

Ни одно небольшое техническое предприятие, будь то нефтебаза или АЗС, не получит «разрешения на право деятельности без надежной локальной очистной системы, в состав которой обязательно включается нефтеловушка» [8].

Нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» предлагается вместо используемой нефтеловушки, которая неэффективно справляется с техническим заданием по очистке сточных вод от нефтепродуктов, произвести установку нового горизонтального нефтеуловителя (маслобензоотделителя, нефтеловушки) МБО завода «Факел» г.Самары с коалесцентным модулем.

Очистка воды в нефтеловушке основана на коалесцентном принципе. Поступающая вода проходит через коалесцентный модуль - тонкослойные гофрированные полипропиленовые пластины. Полипропилен имеет свойство притягивать частицы масла и отталкивать воду. Частицы нефтепродуктов соприкасаются с пластиной и слипаются. При увеличении размера капель их скорость подъема растет. Взвешенные капли нефтепродуктов слипаются, увеличиваются в объеме и отделяются от воды, затем всплывают на ее поверхность, образуя единый слой.

Развитые поверхности коалесцентного модуля позволяют добиться максимального контакта очищаемой воды и пластин модуля и обеспечить высокую степень очистки воды от нефтепродуктов. Так, если на входе в нефтеловушки концентрация взвесей может составлять до 300 мг/л, а эмульгированных нефтепродуктов - порядка 75 мг/л, то на выходе эти показатели будут равняться 5 и 0,3 мг/л соответственно.

Преимущества нефтеловушки с коалесцентными модулями:

- высокая эффективность очистки - удаляет более 99% нефтепродуктов;
- система проста и недорога при эксплуатации и монтаже;
- основными рабочими элементами нефтеловушки являются коалесцентные модули, которые не требуют замены или регенерации;

- промывка коалесцентного модуля проводится водой под давлением, после чего коалесцентный модуль продолжает эффективно работать; возможность промывки коалесцентного модуля не требует его замены и уменьшает затраты на обслуживание и не образует проблемных отходов;
- отсутствие движущихся деталей в системе, необходимости в подводе электроэнергии к системе очистки;
- модульный принцип оборудования, позволяющий укомплектовать новые или реконструировать уже существующие очистные сооружения;
- подземный способ монтажа оборудования, позволяющий экономить полезную площадь объекта, исключая строительство отдельных зданий, отопление этих помещений и т.п.;
- доступность материала.

Таким образом, можно сделать вывод, что коалесцирующие фильтры, учитывая их простоту и компактность, обеспечивают очень высокий эффект разделения водонефтяных эмульсий. После установки новой ловушки на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» повысится эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Технический результат проведенной модернизации будет в следующем:

- повышение степени очистки сточных вод от нефтепродуктов;
- оптимизация процесса очистки сточных вод;
- экономическая эффективность.

Проектирование новой нефтеловушки для очистки сточных вод нефтебазы преследует так же экологическую цель, поскольку оптимизация процесса очистки снижает в целом нагрузку на объекты биосферы для их оздоровления в долгосрочной перспективе.

Заключение

В ходе проделанной работы дана характеристика нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт», а также характеристика нефтепродуктов обращающихся на предприятии и источников выделения загрязняющих веществ. Сделан анализ существующей схемы производственно-ливневой канализации и очистных сооружений нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт», выявлены недостатки в работе системы.

Для решения вопроса об устранении недостатков в работе производственно-ливневой канализации и очистных сооружений нефтебазы проведен анализ существующих методов очистки сточных вода.

Обозначено, что эффективным методом очистки сточных вод от нефтепродуктов на нефтебазе является физико-химический метод. Из физико-химических методов выбран метод коалесценции.

Метод коалесценции «представляет собой слияние мелких капель частиц нефтепродуктов внутри подвижной жидкой среды или на поверхности тел. Укрупнение капель эмульсии происходит под действием сил межмолекулярного притяжения. Сточная вода, загрязненная эмульгированными нефтепродуктами, проходит сквозь колонку, заполненную фильтрующими элементами, обладающей хорошей смачиваемостью. Капли эмульгированных примесей укрупняются на частицах фильтрующего материала и стекают в виде достаточно крупных частиц, отделяясь от воды и образуя единый слой» [6].

Для разработки технического решения по оптимизации системы очистных сточных вод на нефтебазе были выполнены следующие работы:

- экспериментальным путем был проведен анализ стока воды на загрязненность нефтепродуктами;
- определен объем стоков на нефтебазе и обозначены нормы ПДК нефтепродуктами в сточной воде, чтобы их можно было законно использовать в технологическом цикле повторно;

– обозначена финансовая составляющая предприятия в данном вопросе.

Далее составлено техническое решение оптимизации системы очистных сооружений нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт». Обозначено, что наиболее подходящим по техническим параметрам решением является произвести установку нового горизонтального нефтеуловителя (маслобензоотделителя, нефтеловушки) МБО завода «Факел» г.Самары с коалесцентным модулем, поскольку коалесцирующие фильтры, учитывая их простоту и компактность, обеспечивают очень высокий эффект разделения водонефтяных эмульсий.

Проведенные результаты исследования показали, что при откачке воды из используемой нефтеловушки на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» концентрация нефтепродуктов в ней составляет 58,4-73,5 мг/дм³, с помощью новой нефтеловушки предполагается снизить концентрацию до 0,05-0,3 мг/дм³.

Был проведен расчет материальных балансов используемой и модернизированной нефтеловушки, который показал, что эффективность очистки сточной воды от нефтепродуктов на новом оборудовании увеличиться почти в 4 раза. Содержание нефтепродуктов на выходе из новой нефтеловушки с коалесцентным модулем не превысит 0,3 мг/л, что соответствует нормативным требованиям по сточной воде и не требует дополнительных затрат для предприятия по доочистки воды.

Таким образом, после установки новой нефтеловушки с коалесцентными модулями в очистные сооружения нефтебазы участка АО «Татнефтепродукт» процесс очистки на предприятии изменится.

Очищенную воду после новой нефтеловушки сразу можно будет использовать для технических нужд - на мойку, пополнение пожарных резервуаров, тем самым у предприятия оптимизируются затраты в части эксплуатации установки ИНСТЭБ-1/4.2.

Технический результат проведенной модернизации нефтеловушки на нефтебазе участка АО «Татнефтепродукт» будет в следующем:

- повышение степени очистки сточных вод от нефтепродуктов более чем на 99%;
- оптимизация процесса очистки сточных вод;
- экономическая эффективность.

Проектирование новой нефтеловушки для очистки сточных вод нефтебазы преследует так же экологическую цель, поскольку оптимизация процесса очистки в целом снижает нагрузку на объекты биосферы для их оздоровления в долгосрочной перспективе.

Таким образом, актуальность исследуемой проблемы доказана, поставленные задачи выполнены, цель работы достигнута.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алексеев Д.В., Николаев Н.А., Лаптев А.Г. Комплексная очистка стоков промышленных предприятий методом струйной флотации. Казань: КГТУ, 2005. 156 с.
2. Ахмадуллина Ф.Ю., Закиров Р.К. Расчет материального баланса и основного оборудования процессов водоочистки. Казань, 2017. 120 с.
3. Горизонтальный нефтеуловитель (маслобензоотделитель) МБО-3-25 с коалесцентным модулем и микрофильтром. URL: <https://fakel-f.ru/katalog/vodoochistka/nefteulovitel-mbo-3-25> (дата обращения: 15.11.2023).
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2017. 494 с.
5. Золотов А.А. Основные способы очистки нефтесодержащих производственных сточных вод / Золотов А.А., Лисовский В.А., Багреева И.С., Слепова Е.В. // Science Time. 2016. №8 (32). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnyye-sposoby-ochistki-nefteproduktosoderzhaschih-proizvodstvennyh-stochnyh-vod> (дата обращения: 15.11.2023).
6. Копылова Л.Е. Коалесцентно-мембранное разделение прямых эмульсий: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2016. 121 с.
7. Мухутдинов А.А. Экология / А.А. Мухутдинов, О.А. Сольяшинова, С.В. Фридланд / Казань: КГТУ, 2019. 460 с.
8. Нефтеловушки с коалесцентными модулями. URL: <https://septix.ru/lokalnaya-kanalizatsiya/bio/neftelovushki.htm> (дата обращения: 15.11.2023).
9. Нефтеловушки. Принципы работы и эксплуатация. URL: <https://septix.ru/lokalnaya-kanalizatsiya/bio/neftelovushki.html> (дата обращения: 30.09.2023).
10. Носкова С.А., Сизиков А.М. Коалесценция в очистке сточных вод

как современная безопасная технология // ОНВ. 2009. №1 (84). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/koalestsentsiya-v-ochistke-stochnyh-vod-kak-sovremennaya-bezopasnaya-tehnologiya> (дата обращения: 15.11.2023).

11. Основы нефтегазовой геоэкологии: Учебное пособие. / Ю.И. Пиковский, Н.М. Исмаилов, М.Ф. Дорохова; под ред. д-ра геогр.наук проф. А.Н. Геннадиев. М.: ИНФРА-М, 2020. 401 с.

12. Очистные сооружения нефтебазы. URL: <https://www.voda.ru/articles/ochistnye-neftebaz/ochistka-stokov?ysclid=lbmrvcv89151428038> (дата обращения: 30.09.2023).

13. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Л.: Химия, 2016. 560 с.

14. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости "Флюорат-02": утв. ФГУ "ЦЭКА" 18.03.2003 // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

15. ПНД Ф 12.1:2.2.2.3:3.2-03. Методические рекомендации. Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления": утв. ФБУ "ФЦАО", ООО НТФ "Хромос" 01.08.2014 // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

16. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 "Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации" // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

17. Постановление Правительства РФ от 22.05.2020 N 728 "Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации" // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

18. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (вместе с "СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы..."): зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 N 62296 // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

19. Постоянный технологический регламент приема, хранения и отпуска нефтепродуктов на ОПО «Площадка нефтебазы по хранению и перевалке нефти и нефтепродуктов филиала «Нурлатнефтепродукт» №3: утвержден ОАО «Холдинговая компания «Татнефтепродукт» участка «Нурлатнефтепродукт» 15.04.2019г.

20. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 N 552 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения": зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 N 45203 // Консультант Плюс: справочно-правовая система.

21. Стакин М.И. Повышение эффективности очистки сточных вод на предприятии нефтяной промышленности. / Стакин М.И., Кулаков Д.В., Бариева Э.Р.// Вестник магистратуры КГЭУ, 2016. №4-1(55). с. 69-72.

22. Степанова С.В. Процессы и аппараты защиты гидросферы / С.В.Степанова, С.М.Романова, А.Б.Ярошевский / Казань : КГТУ, 2017. 319 с.

23. Тимонин А.С. Инженерно-технологический справочник. Калуга: Изд-во Бочкаревой Н.Ф. Т.2., 2018. 884 с.

24. Фридланд С.В. Промышленная экология / С.В. Фридланд, Л.В.Ряписова, Н.Р.Стрельцова, Р.Н.Зиятдинов / Казань: КГТУ, 2018. 176 с.

25. Экология. Защита водного бассейна от загрязнения. Виды сточных вод. URL: <http://ekologyprom.ru/otvety-na-voprosy-po-ekologii/32-jekologija-otvety-na-jekzamen/1056-zashhita-vodnogo-bassejna-ot-zagrjaznenija>

vidy.html (дата обращения: 30.08.2023).

26. Экологические загрязнения. URL: <https://www.voda.ru/articles/ochistnye-neftebaz/ecology> (дата обращения: 30.08.2023).

27. Электрокоагуляция. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. URL: <https://chem21.info/info/4597/> (дата обращения: 30.08.2023).

28. Treatment of Refined oil depot wastewater. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/474/6/062001> (дата обращения: 30.09.2023).

29. Han, M. Discussion on the collection and treatment process of oily sewage in oil depot. J. China Petroleum and Chemical Industry Standard and Quality, 37., 2017. p.151-152.

30. Pitfalls of Wastewater Treatment in Oil Refinery Enterprises in Kazakhstan-A System Approach./ Sustainability 2019, 11(6). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1618> (дата обращения: 29.09.2023)

31. Alberto Girardi. Wastewater treatment and reuse in the oil & petrochem industry – a case study in "Wastewater and Biosolids Treatment and Reuse: Bridging Modeling and Experimental Studies", Dr. Domenico Santoro, Trojan Technologies and Western University Eds, ECI Symposium Series, 2014.

32. Haneen I. Eldos, Mariam Khan, Nabil Zouari, Suhur Saeed, Mohammad A., Al-Ghouti. Characterization and assessment of process water from oil and gas production: A case study of process wastewater in Qatar. 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000329> (дата обращения: 29.09.2023).

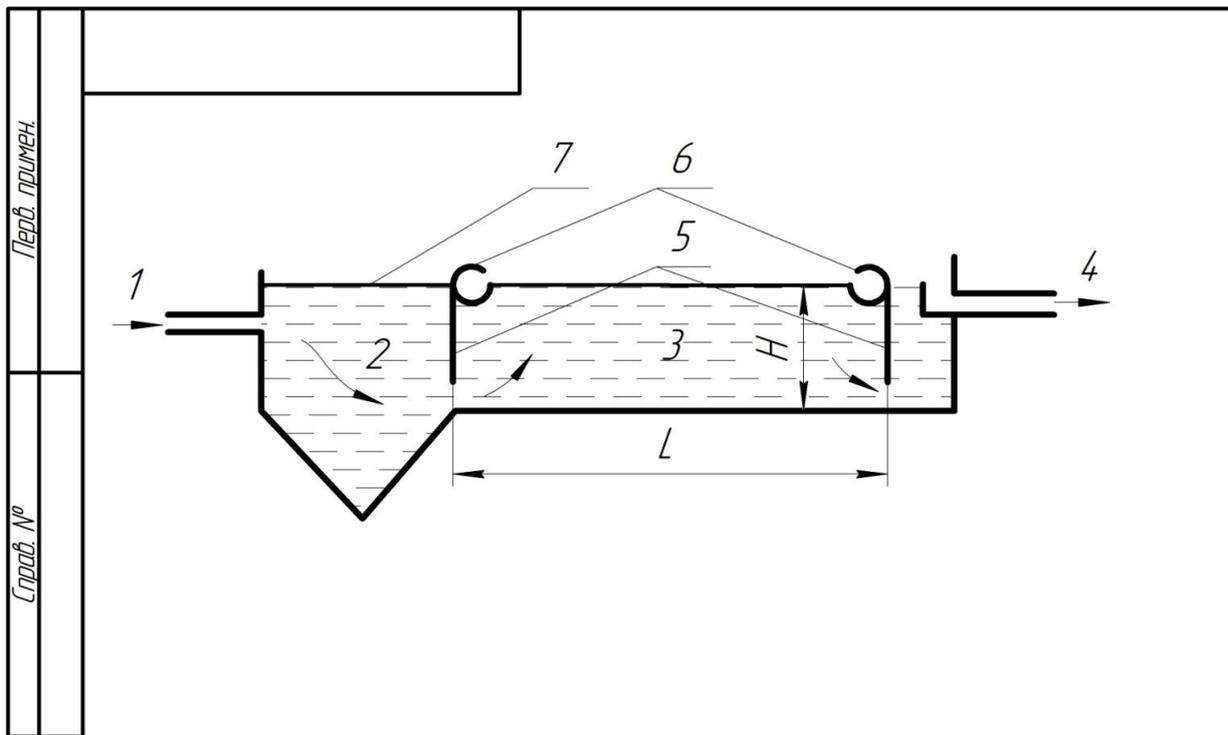
33. L. Mohammadi, A. Rahdar, E. Bazrafshan, H. Dahmardeh, Md A.B. H. Susan, G. Z. Kyzas, Petroleum hydrocarbon removal from wastewaters: a review, Processes 8 (4), 2020. p. 447. URL: <https://doi.org/10.3390/pr8040447> (дата обращения: 29.09.2023).

Приложение А

Карта-схема Предприятия с источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу



Приложение В
Схема нефтеловушки



- 1 – сточная вода;
- 2 – приемная камера;
- 3 – отстойная зона;
- 4 – очищенная вода;
- 5 – вертикальные полупогружные перегородки;
- 6 – нефтесборные трубы;
- 7 – пленка всплывших нефтепродуктов

Перв. примен.
 Справ. №
 Подп. и дата
 Инв. № дубл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Схема нефтеловушки

Лит.	Масса	Масштаб
		-
Лист	Листов	1

Копировал

Формат А4

Приложение Г

Очистная установка очистки сточных вод ИНСТЭБ-1/4.2

