

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 Предложение технических мероприятий по повышению качества
очистки локальных очистных сооружений для малых автопредприятий на
примере автомойки

Студент

Ю.М. Осипов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Бакалаврскую работу выполнил: Осипов Ю. М.

Тема бакалаврской работы: Предложение технических мероприятий по повышению качества очистки локальных очистных сооружений для малых автопредприятий на примере автомойки.

Научный руководитель: Шевченко Ю. Н.

Целью работы является снижение воздействия загрязнённых вод малых автопредприятий на окружающую среду путем повышения качества очистки на локальных очистных сооружениях, разработанных для автомоек. Бакалаврская работа изложена на 73 листах, включает 13 таблиц, 15 рисунков, список из 40 используемых источников литературы. Во введении сформулированы цель и задачи, обоснована актуальность выбранной темы бакалаврской работы. В первой главе рассмотрен теоретический анализ проблемы исследования. Определены технологические расходы воды на мойку автомобиля. Проанализированы состав и характеристика сточных вод, объёмы образования отходов. Во второй главе проанализированы технологические схемы очистки воды, реализуемые на автомойках. Определены требования, предъявляемые к сточной воде при создании замкнутого водооборотного цикла. В третьей главе на основании проведенного патентного поиска разработана технологическая схемы создания замкнутого водооборотного цикла. Предложено и математически обосновано конструктивные решение по модернизации конструкции гидроциклона. Проведены конструктивные расчёты аппаратной части: горизонтального отстойника и гидроциклона. Дано обоснование по выбору адсорбента. Предложены технологические схемы регенерации адсорбента. Проведен расчет реагентного хозяйства. Проведен расчет объема образования объемов шлама. В заключении приведены основные выводы о проделанной работе. Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word и представлена на электронном носителе.

Перечень сокращений и обозначений

ВВ- вредные вещества

СВ- сточная вода

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость

СПАВ- синтетически поверхностные вещества

АТП- автотранспортные предприятия

ОМ-отработанные масла

СВ-сточная вода

ОМ-отработанные масла

СНО- смесь нефтепродуктов отработанных

АТП-автотранспортное предприятие

ГКС – городские канализационные системы

Оглавление

Введение	6
Глава 1 Анализ сточных вод, образующихся на малых автопредприятиях	8
1.1 Масштаб проблемы	8
1.2 Состав и характеристика сточных вод, образующихся на автомойках	11
1.3 Объемы образования отходов на автомойках	16
Глава 2 Анализ существующих технологических решений	17
2.1 Технологии очистки автомобилей	18
2.2 Технологические схемы очистки воды, реализуемые на автомойках	20
2.2.1 При отсутствии замкнутого водооборотного цикла	20
2.2.2 Требования по созданию замкнутого водооборотного цикла	21
2.2.3 Варианты технологических схем, реализуемых на автомойках при создании замкнутого водооборотного цикла	22
Глава 3 Предлагаемая технологическая схема	25
3.1 Патентный поиск	25
3.2. Описание технологическая схема	26
3.3 Подбор решеток	30
3.4 Конструкционный расчет горизонтального отстойника	31
3.4.1 Расчет горизонтального отстойника	31
3.4.2 Порядок установки котлована	36
3.5 Оригинальное предложение по гидроциклону	37
3.5.1 Обоснование выбора конструкции	37
3.5.2 Конструкционный расчет гидроциклона	38
3.5.3 Предложение по модернизации конструкции	41

гидроциклона	
3.5.4 Математическое обоснование работы инжекторного дозатора коагулянта	47
3.6 Расчет объема образования объемов шлама	49
3.7 Реагентное хозяйство	51
3.7.1 Выбор и обоснование применяемых реагентов	51
3.7.2 Расчёт реагентного хозяйства	53
3.8 Обоснование подбора адсорбционного фильтра	56
3.8.1 Обоснование выбора трехполочного адсорбера	56
3.8.2 Обоснование выбора адсорбента	58
3.8.3 Технологии регенерации адсорбента	60
3.9 Мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности	63
Заключение	64
Список используемых источников	66

Введение

Количество автомоек в городских округах растет опережающими темпами. Основные загрязнители сточных вод, образующиеся при мойке автомобилей – механические примеси, нефтепродукты, СПАВ и растворенные ионные компоненты противогололедных реагентов. Фактически это производственный сток с разноплановыми загрязняющими компонентами.

«Практика эксплуатации очистных сооружений по Москве и Московской области свидетельствует, что регламентируемые изготовителем показатели очистки сточных вод достигаются лишь на 15-20% объектов. На остальных предприятиях сточные воды сбрасываются либо с недостаточной степенью очистки, либо вообще без очистки» [4].

Первоначально схемы очистки сточных вод оборотных систем были нацелены на удаление взвешенных веществ, нефтепродуктов, синтетических по верхностноактивных веществ (СПАВ). Но проведенные рядом авторов [4] исследования показали, что в замкнутой системе оборотной воды моек автотранспорта в значительном количестве образуются ионы металлов и металлорганические комплексы, которые способствуют образованию стабильных эмульсий взвешенных веществ и нефтепродуктов в воде, ухудшая процесс мойки, а также не позволяют сбрасывать очищенную воду в канализационные системы. Для ликвидации указанного негативного воздействия необходимо разработать эффективную и при этом экономически оправданную систему очистки.

Из основных причин создавшегося положения можно выделить:

- неудачную разработку технологической схемы локальных очистных сооружений, не обеспечивающей требуемую степень очистки сточных вод в конкретных условиях;

- нежелание владельцев автопредприятия (автомойки) снижать прибыль за счет расходов на эксплуатацию очистных сооружений, рассчитывая окупиться штрафами за сброс неочищенной воды.

С учетом выше изложенного **цель** бакалаврской работы заключается в снижении воздействия загрязнённых вод малых автопредприятий на окружающую среду путем повышения качества очистки на локальных очистных сооружениях, разработанных для автомоек.

В соответствии с заданной целью были поставлены следующие **задачи**:

- провести анализ состава и степени загрязнения сточных вод малых автопредприятий;

- провести сравнительный анализ существующих технологических схем очистки сточных вод для автомоек;

- предложить эффективный вариант технологической схемы локальной очистки с высокой степенью очистки, позволяющий снизить нагрузку на городские очистные сооружения.

Глава 1 Анализ сточных вод, образующихся на малых автопредприятиях

1.1 Масштаб проблемы

На трёх жителей Самары приходится один автомобиль (по данным на 2019 год). Всего в городе зарегистрировали 394 тысячи легковых машин. Областная столица с такими показателями замыкает топ-5 российских городов, в которых больше всего автомобилей. В Тольятти на учете стоят 212 тысяч машин [35]. На рисунке 1 представлено точечное расположение автомоечных станций в г. Самара.

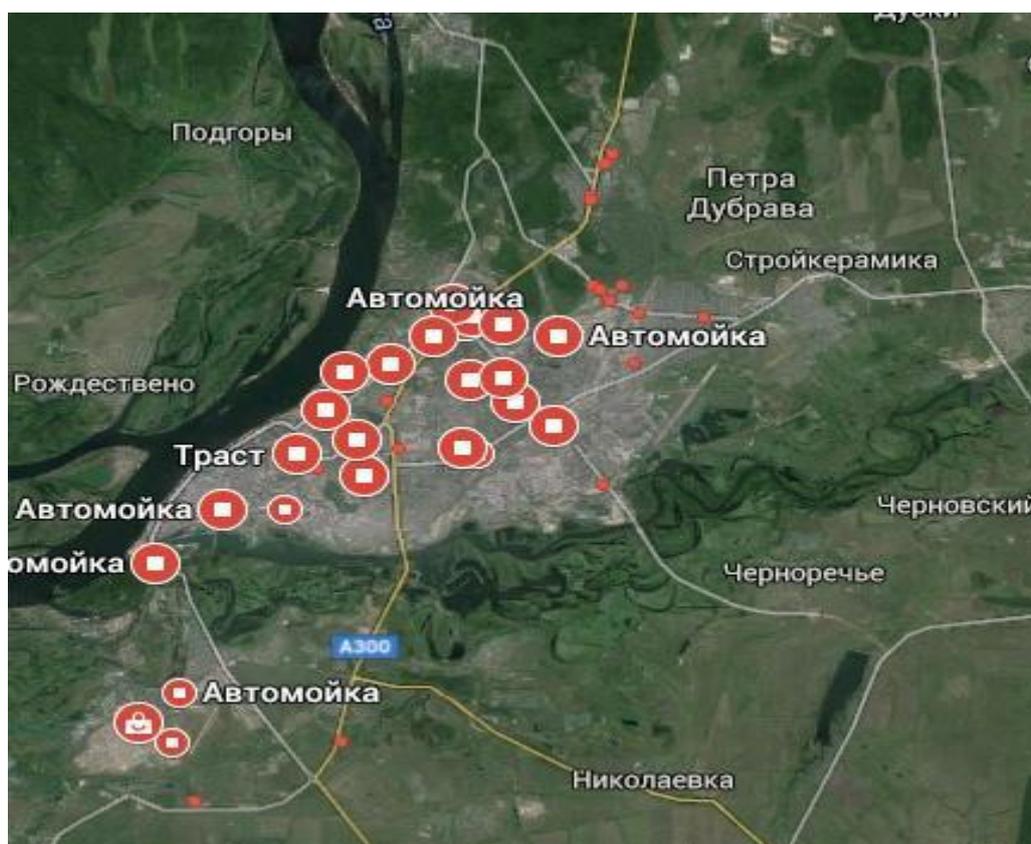


Рисунок 1 – Плотность расположения автомоечных станций в г. Самара

На рисунке 1 представлено точечное расположение автомоечных станций в г. Тольятти.

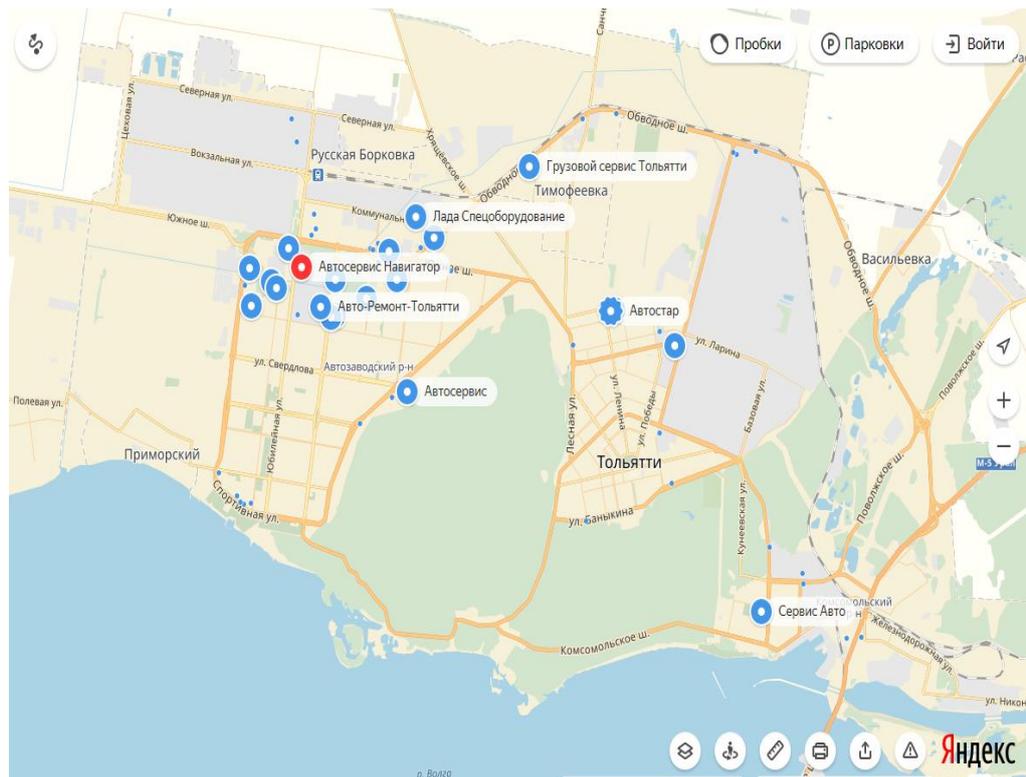


Рисунок 2 - Расположение автомоечных станций в г. Тольятти

«Автомобили эксплуатируются в различных временных (время года), дорожных (бетонное, асфальтовое, грунтовое), атмосферных и климатических условиях, которые в основном и определяют характер и степень загрязнений их поверхностей. Автомобиль на дороге — мощный «магнит», аккумулирующий на себе загрязнения: частицы асфальта, асбеста, песка, гранита, сажи, нефтепродуктов, синтетических соединений (полимеров — продуктов синтетических масел, присадок и тормозных жидкостей) и хлористых солей» [10]. При мойке автомобилей используется автомобильная химия (СПАВ). Фактически это производственный сток с разноплановыми загрязняющими компонентами.

Водным кодексом Российской Федерации и ФЗ «Об охране окружающей среды» запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и

поливомоечные воды, организованно отводимые с селитебных территорий и площадок.

Необходимость очистки воды обусловлена требованиями, предъявляемыми к автомойкам. Таким образом, если автомойка не пройдет сертификацию и не подтвердит свою экологическую безопасность, она не будет допущена к работе. Основным документ регламентирующий очистку стоков — СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». Контроль деятельности осуществляет Санэпидемстанция.

Технологические расходы воды

В таблице 1 представлен типовой расход воды на пунктах мойки.

Таблица 1 - Расход воды на обмыв колес и днища автомобилей на пунктах мойки (очистки), м³/час

Виды используемых моющих аппаратов	Количество постов	
	2	4
Моющие аппараты высокого давления	0,72	1,44
Шланговая мойка, другие аппараты или насосы	1,08	2,16

Согласно «Рекомендации по устройству пунктов мойки (очистки) колес автотранспорта» в среднем для мытья одной машины в течение 10 минут при использовании аппарата высокого давления необходимо 100-300 литров воды» [24].

На практике выходит следующее (мойка одной машины):

- расход воды примерно 180 л;
- затрачиваемое время — 20 минут.

За 14 часов (в работе принимаем, что мойка работает с 8 утра до 10 вечера, без перерыва) расход (Q) на один пост мойки будет:

$$Q = Q_M \times \frac{T \times 60}{t}, \quad (1.1.1)$$

где Q_M – расход воды на мойку одного автомобиля, л;

T – количество часов, в течении которых работает мойка, ч;

t – время, затрачиваемое на мойку одного автомобиля, мин.

Подставляем исходные данные в формулу (1.1.1), получим:

$$Q = 180 \times \frac{14 \times 60}{20} = 7560 \text{ л}$$

1.2 Состав и характеристика сточных вод, образующихся на автомойках

Морфологический состав загрязнителей, попадающих в воды, образующиеся после мойки автомобилей, и определяющих их физические и химические свойства, включает в себя, как правило, следующие ингредиенты:

моторные масла, асфальт, песок, СОЖ, ПАВ, соли тяжелых металлов, различные виды топлива.

Концентрация вредных веществ зависит от большого числа факторов: типа автомобиля, его размера, характера дорожного покрытия, сезонных условий, состава грунтов в районе эксплуатации, периодичности мойки и типа применяемой мойки.

«В сточной воде после мойки автомобилей, работающих на этилированном бензине, возможно попадание в сток высокотоксичного вещества – тетраэтилсвинец (ТЭС), концентрация которого систематически не контролируется» [21]. «По данным научных исследований его содержание в моечных водах составляет 0,001 - 0,006 мг/л» [21].

«Из общего количества загрязнений, содержащихся в сточных водах при мойке автотранспорта, 70 - 90% составляет песок размерами частиц 100...3000 мкм» [21].

Типовой состав и объемное содержание загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах автомоек при мойке легковых

автомобилей установлен на основании анализа технической информации, изложенной в работах авторов [3], [4], [25], [26] и представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Состав сточных вод автомоек [1]

Наименование загрязнителя	Содержание
взвешенные вещества, мг/л	не более 1500
Нефтепродукты, мг/л	не более 75
БПК ₅ , мгО ₂ /л	50-200
ХПК, мгО ₂ /л	100-400
СПАВ, мг/л	не более 15
рН	6,5-8,5
Хлориды, мг/л	65-100
Сульфаты, мг/л	27-60
Железо общ. мг/л	0,22-0,6
Хром ⁺⁶ , мг/л	0,023-0,035
Медь, мг/л	0,005-0,008
Свинец, мг/л	0,02-0,053
Цинк, мг/л	0,015-0,03

«Авторами представлены результаты исследования, в которых концентрации загрязнений в исходной воде составляли: взвешенные вещества – 200 мг/л, нефтепродукты – 25– 30 мг/л, СПАВ – 15– 35 мг/л» [3].

По дисперсному составу нефтепродукты в сточной воде АТП могут быть в свободном, эмульгированном и растворенном состоянии.

Наличие эмульгированных НП характеризуется попаданием в сток эмульсий и синтетических моющих средств при мойке автомашин. Масляные эмульсии, попадающие в сток, представляют собой коллоидные растворы, которые состоят из капелек минерального масла, окруженных ионами эмульгатора (органической кислотой). Отработанные масла являются основными органическими загрязнениями, задерживаемыми на очистных сооружениях АТП. Отработанные масла АТП относятся к группе СНО (смесь нефтепродуктов, отработанных), в том числе масел, бензина, керосина и дизельного топлива. Нефтепродукты группы СНО должны соответствовать

следующим техническим условиям: содержание механических примесей не более 3%; содержание воды не более 5%.

В таблице 3 представлены санитарные требования по составу сточных вод.

Таблица 3 – Санитарные требования к составу сточных вод

Показатели качества	Санитарные требования		
	К воде водоема	К сточным водам, сбрасываемым в канализацию	К сточным водам, используемым в обороте для наружной очистки машин
Взвешенные вещества, мг/л	4 –10	≤500	≤70
Нефтепродукты, мг/л	≤0,05; ≤0,3	≤25	≤20
Поверхностно-активные вещества	≤0,005	≤20	0,1 мг/л
pH	6,5–8,5	6,5–8,5	7,1–8,5

«Для стока от мойки легковых автомобилей может быть принят следующий гранулометрический состав взвеси: 12 % составляют частицы размером 300 – 2500; 75 % – размером 300 – 100; 13 % – размером менее 100 мкм» [36]. На рисунке 3 представлен гранулометрический состав взвеси.

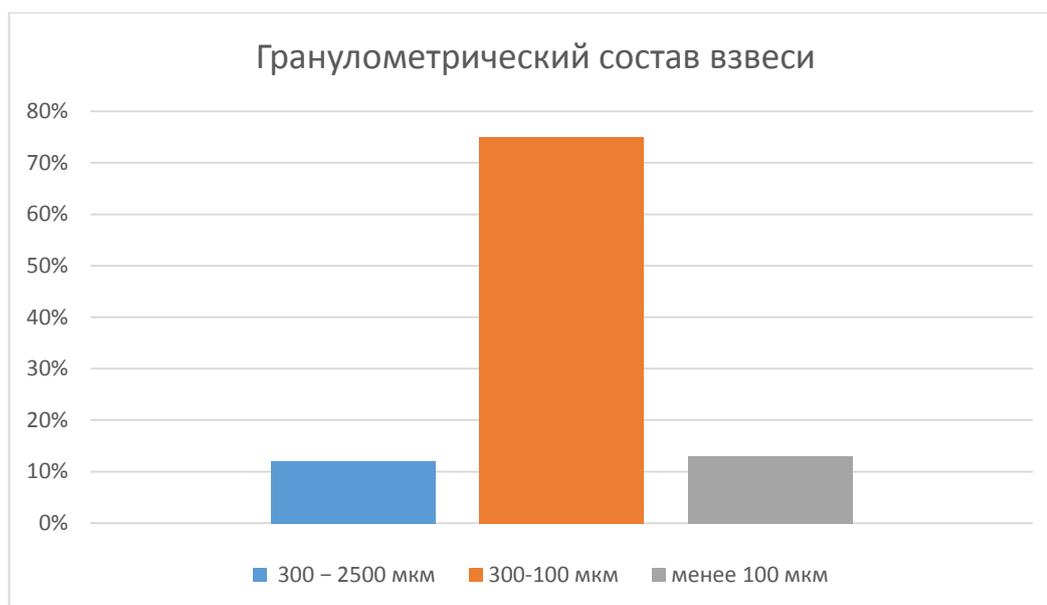


Рисунок 3 - Гранулометрический состав взвеси

«Очищенная вода может быть пригодна для повторного использования, если концентрации загрязнений не превышают следующие предельно допустимые значения:

- взвешенные вещества – 40 мг/л;
- БПК₅ – 3 мг O₂/л;
- ХПК - 30 мг O₂/л;
- нефтепродукты – 20 мг/л;
- железо (общ.) – 5 мг/л;
- рН– 6,5–8,5;
- запах – 2 балла;
- окраска- 10см в столбике воды» [38].

Анализ данных таблицы 1 указывает на целесообразность создания оборотных и бессточных систем водоснабжения и возможностью исключить загрязнение окружающей среды токсичными и инфицированными ингредиентами. Дисперсный состав загрязняющих веществ, представленный в таблице 4 определяется распределением частиц взвесей и нефтепродуктов по размерам в стоках автомоек.

Таблица 4 – Распределение по размерам частиц взвесей

Размеры частиц, мкм	Доля, %
$d \leq 250$	24,2
$250 < d \leq 500$	35,9
$500 < d \leq 1000$	22,3
$1000 < d \leq 3000$	11,8
$3000 < d \leq 5000$	5,8

В таблице 5 представлено долевое распределение по размерам частиц нефтепродуктов.

Таблица 5– Распределение по размерам частиц нефтепродуктов

Размеры частиц, мкм	Доля, %
$5 d \leq 20$	0,4
$20 d \leq 60$	0,4
$60 d \leq 100$	0,4
$100 d \leq 140$	9,8
$140 d \leq 200$	85,4

Анализ проблематики использования СПАВ

Автомобильные моющие средства обычно состоят из набора компонентов, как растворяющих различные виды загрязнений, так и улучшающих их отделение от поверхности кузова. В состав входят щелочные соединения, поверхностно-активные вещества, дезинфицирующие добавки, ароматизирующие вещества. Важную роль играют вещества, предотвращающие повторное отложение загрязнений из моющего раствора на отмытую поверхность. Средства применяются в виде водного раствора с уровнем pH = 8–10 (щелочная реакция). Обычно шампунь и загрязнения удаляются с кузова щетками и смываются струями воды.

Широкое распространение получил и так называемый «бесконтактный» способ мойки автомобилей, когда на кузов с помощью специального генератора наносится моющее средство, образующее пышную пену. Щетки и иные приспособления не применяются, а пена с растворенной грязью смывается сильной струей воды. Все шампуни для «бесконтактной» мойки содержат повышенные концентрации ПАВ и растворителей загрязнений. Присутствие этих веществ в сточной воде резко осложняет ее очистку, а высокие концентрации ПАВ приводят к значительному увеличению расхода коагулянта и снижают эффективность процессов отстаивания и фильтрации воды. Моющие средства хранятся в емкостях из стеклопластика и других композитных материалов, а также полиэтилена марки PE и полипропилена PP. Это изделия цельнолитые (бесшовные), толщина стенки в зависимости от объема емкости от 4 до 12 мм.

1.3 Объемы образования отходов на автомойках

На станциях автосервиса в ходе технологической деятельности образуются отходы 1 - 4 классов опасности.

В таблице 6 приведен перечень отходов станции автосервиса [11].

Таблица 6 – Отходы автомоек

Код ФККО	Наименование отхода
9 19 201 01 39 3	Песок, загрязненный нефтью или нефтепродуктами (содержание нефти или нефтепродуктов 15 % и более).
9 19 201 02 39 4	Обтирочный материал, загрязненный нефтью или нефтепродуктами.
9 19 205 01 39 3	Отходы опилок и стружки древесных, загрязненных нефтью или нефтепродуктами.
7 33 310 02 71 4	Смет с территории гаража, автостоянки.
7 33 321 11 72 4	Смет от уборки территории предприятий, организаций.
7 23 101 01 39 4	Отходы при механической очистке нефтесодержащих сточных вод.
7 23 101 01 39 4	Осадок (шлам) механической очистки нефтесодержащих сточных вод, содержащий нефтепродукты в количестве менее 15 %, обводненный.
7 23 910 01 49 4	Прочие отходы при очистке нефтесодержащих сточных вод на локальных очистных сооружениях.
7 23 910 01 49 4	Отходы при очистке нефтесодержащих сточных вод на локальных очистных сооружениях.
4 71 101 01 52 1	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства.
4 43 702 12 20 4	Зернистые фильтровальные материалы (отходы фильтрующих загрузок при водоочистке).
4 43 501 01 61 3	Нетканые фильтровальные материалы отработанные.
4 43 611 15 61 4	Сетчатые фильтровальные материалы отработанные.
4 43 101 01 52 3	Угольные фильтры отработанные, загрязненные опасными веществами.
4 42 504 01 20 3	Уголь, активированный отработанный, загрязненный опасными веществами
4 34 120 03 51 5	Отходы продукции из термопластов незагрязненные.
4 02 140 01 62 4	Спецодежда из синтетических и искусственных волокон, утратившая потребительские свойства, незагрязненная.
4 02 312 01 62 4	Спецодежда из натуральных, синтетических, искусственных и шерстяных волокон, загрязненная нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов менее 15 %).
4 02 311 01 62 3	Отходы изделий из натуральных, синтетических, искусственных и шерстяных волокон, загрязненные нефтепродуктами.

Глава 2 Анализ существующих технологических решений

При выборе системы очистки воды для автомоек необходимо руководствоваться следующими параметрами:

- Объем воды. Для небольших автомоек и крупных моечных комплексов требуются разные очистные сооружения;
- План помещения, характеристики территории, а также тип грунта;
- Дальнейшее использование отходов. Если сброс воды будет осуществляться в муниципальную канализацию, для очистки применяют отстойники и простые фильтры «песколовки». Если на предприятии замкнутый цикл очистки воды, то система будет представлять собой многоступенчатую очистку (фильтрация, флотация, воздействие реагентами);
- Место установки – наземная или подземная. Под землей обычно устанавливаются отстойники. Системы флотации, например, расположены на поверхности.

Выбор системы очистки необходимо делать на стадии проектирования автомойки, чтобы избежать проблем с водоотведением. На конструктивные особенности технологической схемы будет влиять расположение автомойки. Например, за городом придется в основном иметь дело с грязью и пылью. В городе очистным сооружениям придется столкнуться с антигололедными реагентами и технической солью.

«Практически все технологические решения базируются на методах механической и физико-химической очистки с использованием отстаивания, коагуляции, флотации, фильтрации на различных загрузках при различных сочетаниях методов конструктивных решений и видов загрузочных фильтрующих материалов» [4],[39] - [41].

На рисунке 4 представлена классическая технологическая схема.

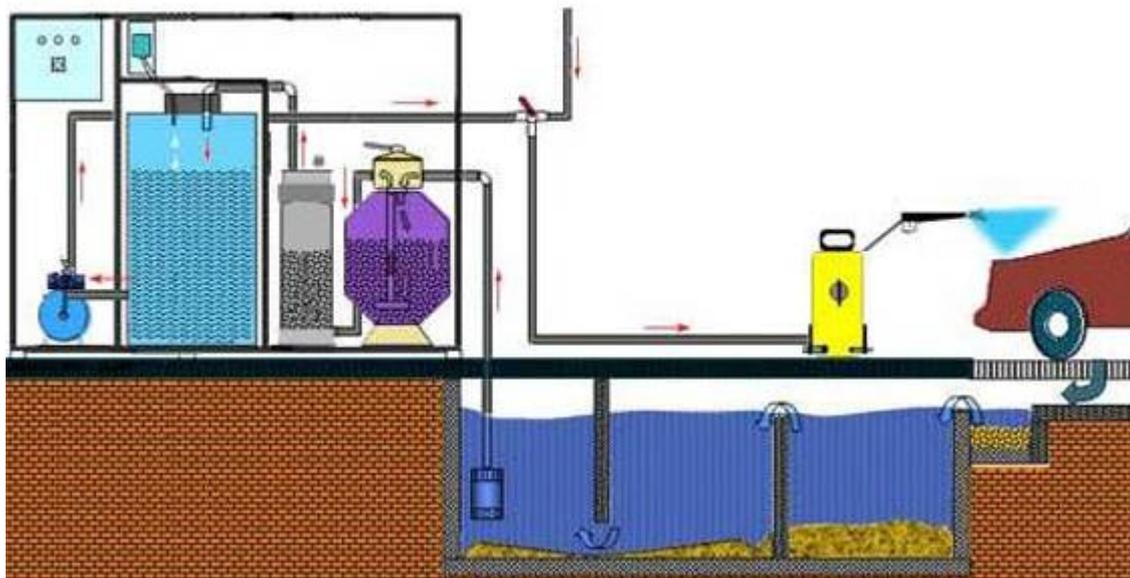


Рисунок 4 – Классическая технологическая схема очистки

2.1 Технологии очистки автомобилей

Работа комплекса в первую очередь связана с наличием очистных сооружений.

При выборе систем очистки воды следует учитывать технические требования производительности автомойки, например, мойки высокого давления и автоматизированные системы преимущественно используют воду с особым химическим составом.

Виды автомоек:

- Ручная мойка – это традиционная мойка автомобиля, которая выполняется ручным способом (людьми). Она является контактной, так как машина моется водой и автошампунем с применением губок, щеток, тряпок и т.п. Достоинством данной мойки является то, что человек в процессе работы видит, какие участки загрязнены больше и нуждаются в более тщательной очистке, однако существует большой риск повредить лакокрасочное покрытие на кузове автомобиля. Из всех видов моек – это самая затратная по времени;

- Щёточная – это контактная мойка, без участия людей, которая осуществляется с помощью специальных автоматических установок и подходит для сильных загрязнений, с которыми контактная мойка может не справиться. Процесс состоит из нескольких этапов: сначала машина обдаётся водой под давлением, затем горячей пеной, затем для очистки машины от грязи за дело берутся быстро вращающиеся щётки. Последний этап – нанесение защитного воска и сушка автомобиля;

- Бесконтактная – это мойка активными пенами. Эта технология применяется на обычных бесконтактных мойках, где мойку выполняют люди с применением специального оборудования, а также в конвейерных и порталных автомойках. В процессе мойки максимальный слой грязи смывается струей воды под высоким давлением, затем специальным оборудованием наносится активная пена, под действием которой оставшаяся грязь отстает от кузова. В последствии через некоторое время пена смывается потоком воды под напором;

- Сухая мойка – это мойка с помощью специального шампуня-полироли без использования воды. Этот вид мойки осуществляется автолюбителями самостоятельно.

Смывание загрязнений с полированных поверхностей легковых автомобилей, автобусов, автофургонов при использовании струи холодной воды даже под большим давлением недостаточно эффективно. Всегда остаются мелкие (до 30 мкм) частицы пыли, которые удерживаются в тонкой водяной пленке и при ее высыхании оставляют на поверхности кузова матовый осадок, пятна. Такая водная пленка может быть разрушена лишь в результате механического воздействия (щеткой, губкой, замшей) в процессе мойки. Это явление объясняется тем, что в месте удара струи воды о поверхность кузова между потоком движущихся в радиальном направлении частиц воды и поверхностью кузова образуется тончайший (в несколько десятков микрометров) пограничный слой воды; скорость движения воды в таком слое настолько мала, что вода не оказывает моющего эффекта. В то же

время этот пограничный слой (мертвая зона) не дает потоку воды, обладающему большой скоростью, соприкоснуться с обмываемой поверхностью, удалять имеющиеся загрязнения. Для достижения удовлетворительного качества мойки автомобилей водяной струей расходуется большое количество воды.

Так, в среднем при давлении воды 1,5 МПа расход на один легковой или грузовой автомобиль составляет от 200 до 250 л, а на автобус – 300–400 л. При низком давлении расход воды может увеличиться в 2–3 раза. Поиск оптимальных средств, позволяющих уменьшить расход воды и улучшить качество мойки, привел к тому, что стали применяться различные моющие средства, в основном синтетические с высоким содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ). Это позволяет уменьшить расход воды в 2–3 раза и значительно улучшить качество мойки автомобилей.

2.2 Технологические схемы очистки воды, реализуемые на автомойках

2.2.1 При отсутствии замкнутого водооборотного цикла

В современных автомойках допустима только система автономной канализации [9].

Если на автомойке не предусмотрено создание замкнутого водооборотного цикла, то согласно техническим регламентам на автомойке должна быть реализована грубая механическая очистка воды для подготовки сброса ее в ГКС (городские канализационные системы).

Стоки проходят только механическую очистку от песка и крупных частиц. В полу помещения под решеткой устанавливаются емкости разного диаметра (1-3 отстойника). Обычно емкость резервуаров проектируют из расчета 15-20 м³ на одну порталную мойку. Если мойка относится к конвейерному типу, то объем резервуаров от 50 до 100 м³.

После мойки сточная вода через решетку последовательно переливается из большей емкости в меньшую, в результате чего твердые частицы оседают на дно. Очищенная таким образом вода сбрасывается в городскую канализацию.

2.2.2 Требования по созданию замкнутого водооборотного цикла

Замкнутые системы водооборотного цикла являются в настоящее время основным направлением рационального использования водных ресурсов и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду от загрязнений.

В целом автоматическая мойка использует два типа воды:

- **чистая водопроводная вода** - ее расход составляет до 20% от общего количества воды, используемой для мойки 1-го автомобиля. Чистая вода используется для нанесения моющих химии, различных восков, а также для финального ополаскивания автомобиля;

- **очищенная (оборотная) вода** - ее доля в общем расходе воды составляет до 80%. Очищенная вода используется для бесконтактной мойки высоким давлением.

Следует учитывать, что ПАВы из стоков не убираются полностью, следовательно, в емкости с очищенной водой мы имеем мыльную воду. При этом она может быть прозрачной и на вид очень чистой. Однако если мыть автомобиль только оборотной очищенной водой (с ПАВами в своем составе), то автомобиль покроется белым (мыльным) налетом. Именно по этой причине необходимо споласкивать автомобиль чистой водой.

Таким образом, по статистике, в процессе автоматической мойки используются примерно 20% свежей чистой воды и 80% оборотной, прошедшей очистку воды. С учетом использования для предварительной и основной мойки автомобилей восстановленной воды, позволяющей экономить до 85% от ее общей потребности, суточная потребность в чистой воде для мойки 24 автомобилей составляет ~ 480 л.

Полноценная мойка одного легкового автомобиля требует не менее 100 литров воды, 1 м³ воды достаточно для помывки 9-10 легковых автомашин.

Оборотная система водоснабжения позволит при том же объемном расходе чистой воды помыть 50-60 автомобилей.

На рисунке 5 представлена принципиальная схема замкнутого водооборотного цикла, реализуемого на автомойке.



Рисунок 5– Замкнутый водооборотный цикл

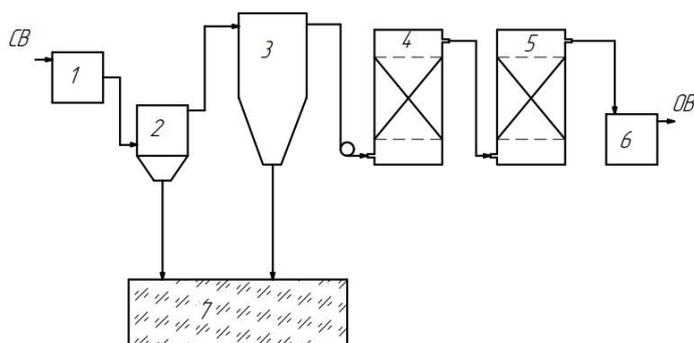
2.2.3 Варианты технологических схем, реализуемых на автомойках при создании замкнутого водооборотного цикла

В основе любой технологической схемы лежит принцип отстаивания и последующей фильтрации. Перед попаданием в резервуары-отстойники вода проходит через приемный лоток, оборудованный решетками, которые задерживают крупные механические загрязнения. Далее посредством отстаивания различные взвешенные твердые частицы – смесь пыли, золы, сажи, сульфатов и т.д. оседают на дно отстойника, а нефтепродукты всплывают на поверхность, после чего удаляются специальным оборудованием. Осветленная вода проходит через фильтры-песколовки.

При создании замкнутых водооборотных циклов реализуются следующие три варианта (2,3,4):

1 Вариант - Глубокая механическая очистка

Если необходимо создание замкнутого водооборотного цикла, то после песколовки вода направляется в гидроциклон, затем проходит систему фильтров (грубая + тонкая). В качестве фильтрующих устройств используются засыпные фильтры, которые хорошо справляются с задачей убрать мелкодисперсную взвесь в уже очищенных стоках на финальной стадии очистки воды - как правило перед утилизацией в канализацию. Главное достоинство таких фильтров – низкая стоимость. В качестве ступени тонкой очистки можно использовать адсорбер. Адсорбентами выступать силикагели, алюмогели, активные глины, зола, шлаки, опилки, торф и т.д. Принципиальная схема данного варианта очистки представлена на рисунке 6.



СВ–сточная вода, ОВ–очищенная вода, 1–емкость, 2–песколовка, 3–гидроциклон, 4–фильтр грубой очистки, 5–фильтр тонкой очистки, 6–емкость очищенной воды, 7–шламоборник.

Рисунок 6 - Установка системы очистки сточной вод

2 Вариант – Флотационная очистка

В качестве дополнительной очистки после механической очистки используют флотационные установки, очищающие сточные воды при помощи воздуха с добавлением реагентов: коагулянта и иногда флокулянта. В результате, шлам отделяемый от стоков всплывает вместе с пузырьками воздуха на поверхность, где при помощи специального скребка отправляется в сборник шлама или на доочистку, например, на сорбционный фильтр.

3 Вариант – Реагентный способ

Следующий способ основывается на использовании реагентной очистке воды с последующей фильтрацией.

В качестве реагентов используются коагулянты (соли алюминия и железа). В таблице 7 представлены типы используемых коагулянтов.

Таблица 7 - Используемые коагулянты [24]

Реагенты	Тип применяемых реагентов	Дозы реагентов	Производитель (страна)
Коагулянты, соли алюминия и железа	Полиоксилхлорид алюминия	В зависимости от концентраций загрязнений сточных вод от 50 до 400 мг/л по товарному продукту	Китай
	Polypacs – 30LF		Китай, Корея
	Polypacs - White		Китай, Корея
	Аква-аурат -30		Россия
	Оксидхлорид алюминия		Россия
	Polypacs –PDM органический коагулянт		Китай, Корея
	ВПК-402		Россия
	Ultra-PAC-30		Китай
	Хлорид железа		Россия
	Сернокислое железо		Россия

Наиболее эффективным коагулянтом показал себя «Аква-аурат -30» производство Россия и его аналог Полиоксилхлорид алюминия Китайского производства, активное вещество одинаковое - окись алюминия [24].

Достоинства коагулянта: практически не изменяется рН очищаемой воды, при использовании дает низкое остаточное содержание алюминия; не слеживается при хранении, имеет длительный срок использования; приводит к снижению коррозионной активности воды (отсутствие избыточных сульфатов). В перспективе целесообразно использование именно «Аква-аурат -30». Однако, на данный момент более широкое использование имеет сернокислый алюминий в виду его свободной продажи.

Глава 3 Предлагаемая технологическая схема

3.1 Патентный поиск

Был проанализирован большой объем патентной литературы (последних изданий) [13-19] на предмет реализации оптимальной технологической схемы очистки (создание замкнутого водооборотного цикла).

Критериям оценивания работ выступали:

- простота реализации;
- простота обслуживания;
- стабильность качества очистки.

Наиболее интересными технологическими решениями с нашей точки зрения выделились следующие патенты, представленные в таблице 8.

Таблица 8 – Проведенный патентный поиск

Номер патента	Авторы	Название
Патент Россия, № 2010008 МПК C02F1/28	Алексеев М.И., Светашова Е.С., Панов С.Н.	Способ очистки нефте содержащих вод автомоек
Патент Россия, № 2 523 802, МПК C02F 9/02 (2006.01)	Кочетов О. С. (Ru), Стареева М. О. (Ru), Стареева М. М. (Ru)	Система оборотного водоснабжения для автомойки
Патент 2712571 C1	Москвичева Е. В. (RU) Радченко О. П. (RU) Клочков Д. П. (RU)	Система оборотного водоснабжения для автотранспортных предприятий
Патент 2643963 РФ, МПК B01J 20/16(2006.01) B01J 20/30(2006.01)	Малькова В. Н. (RU)	Способ получения сорбента для очистки твердых поверхностей и воды от нефти и жидких нефтепродуктов.
Патент РФ №180115	Малкин В.С. (RU), Викарчук А. А.(RU), Картавцева Е. Ю. (RU), Соснин И. М. (RU)	Напорный фильтр с зернистой загрузкой
Патент РФ № 170906	Малкин В.С. (RU), Рузанов А. А. (RU)	Устройство для очистки воды от загрязнений

3.2 Описание технологической схемы

Расчет и проектирование сооружений для механической очистки сточных вод (песколовок, баков-отстойников) и обработки их осадков следует выполнять на основании СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [27].

«Первоначально схемы очистки сточных вод оборотных систем были нацелены на удаление взвешенных веществ, нефтепродуктов, синтетических поверхностноактивных веществ (СПАВ). Однако проведенные рядом авторов исследования показали, что в замкнутой системе оборотной воды моек автотранспорта в значительном количестве образуются ионы металлов и металлорганические комплексы, которые способствуют образованию стабильных эмульсий взвешенных веществ и нефтепродуктов в воде, тем самым ухудшая процесс мойки и не позволяя впоследствии сбрасывать очищенную воду в канализационные системы» [4].

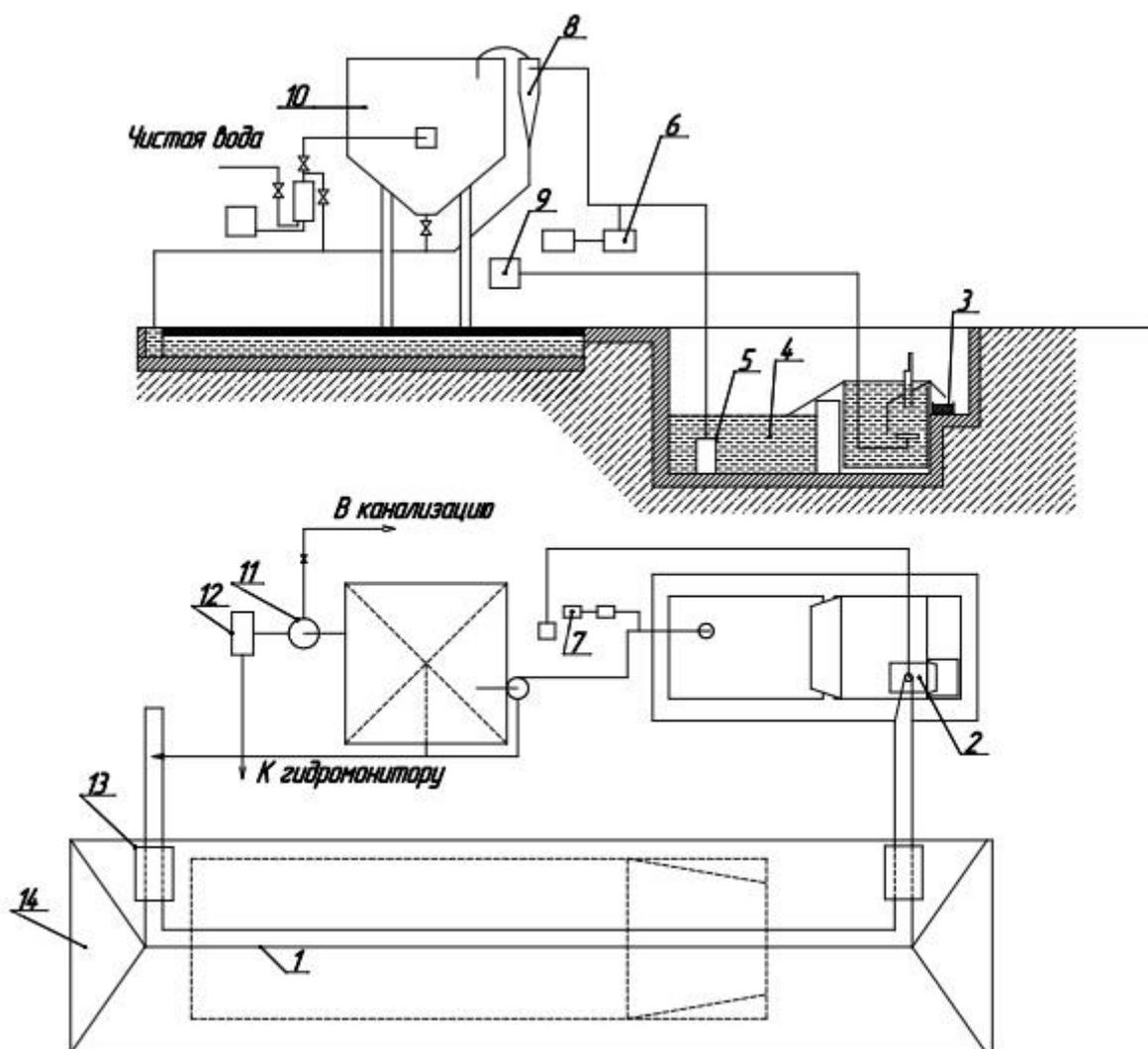
Рациональная организация мойки автомобилей предусматривает максимальную механизацию процесса при экономном расходе воды за счет повторного ее использования.

Анализ технической литературы, научных статей и патентов в направлении исследования помог определиться с техническим решением.

В предлагаемой технологической схеме использованы патентные решения:

- Малкин В.С. (RU), Рузанов А. А. (RU) Патент РФ № 170906;
- Москвичева Е.В, Радченко О.П., Клочков Д.П. – патент РФ № 2 712 571 С1.

На рисунке 7 представлена предлагаемая нами технологическая схема локальной очистки сточных вод для автомойки.



1-емкость первичной очистки,2-маслоотделитель,3 –чан для нефтепродуктов,
 4- емкость промежуточного отстоя (горизонтальный отстойник),5-погружной насос,6-насос-дозатор,7 – емкость коагулянта (флокулянта),8 – гидроциклон,
 9 –воздуходувка,10-емкость условно чистой воды,11- адсорбционный фильтр,
 12-насос высокого давления,13-мостик для переезда канавы,14-площадка моста мойки с уклоном для слива воды.

Рисунок 7– Предлагаемая технологическая схема

Предлагается схема очистной установки, когда первичная очистка воды производится непосредственно под автомобилем в канаве прямоугольного сечения. Смываемая с автомобилем грязь осаждается на дне канавы, а избытки накапливающейся воды по лотку переливаются в маслоотделитель, аэрируемый воздухом, поступающим из воздуходувки через мембранный диффузор. Нефтепродукты выталкиваются в специальный чан, а вода переливается в емкость промежуточного отстоя, из которого погружным

дренажным насосом подается в гидроциклон. На участке трубопровода от дренажного насоса до гидроциклона в воду насосом-дозатором вводится коагулянт или универсальный флокулянт (или оба препарата), что приводит к активному выпадению в осадок растворенных загрязняющих веществ в гидроциклоне и в емкости условно очищенной воды. Из этой емкости вода проходит через адсорбционный фильтр и насосом высокого давления подается к гидромонитору на пост мойки. При работе гидроциклона 20-25% воды по песковому патрубку вместе с отделенными загрязнениями сливаются в емкость первичной очистки - в канаву под автомобиле-местом.

В конце рабочей смены воду из емкости промежуточного отстоя перекачивают в емкость условно очищенной воды до полного ее заполнения. Потом открывают сливной кран, и вода из емкости первичной очистки стекает в маслоотделитель и далее в емкость промежуточного отстоя. После стекания воды на дне канавы к началу следующей рабочей смены остается обезвоженный слой загрязнений, который перед началом работы мойки убирается совковой лопатой в тележку и вывозится на площадку, с которой загрязнения периодически грузятся экскаватором в самосвал и вывозятся на свалку.

После очистки канавы открывают кран спуска отстоя из емкости условно чистой воды и закрывают его после того, как отстой будет слит. Далее производят мойку автомобилей.

Периодически при переполнении емкостей водой очищенная вода может сбрасываться в городскую канализацию.

Рекомендуемые соотношения объемов ёмкости первичной очистки (V_1), емкости маслоотделителя (V_2), ёмкости предварительного отстоя (V_3), ёмкости условно чистой воды (V_4): $V_2 < V_1$, $V_3 = 1,5V_2$, $V_4 = 2V_3$.

На рисунке 8 представлены конфигурации сливных устройств воды из емкости первичной очистки.

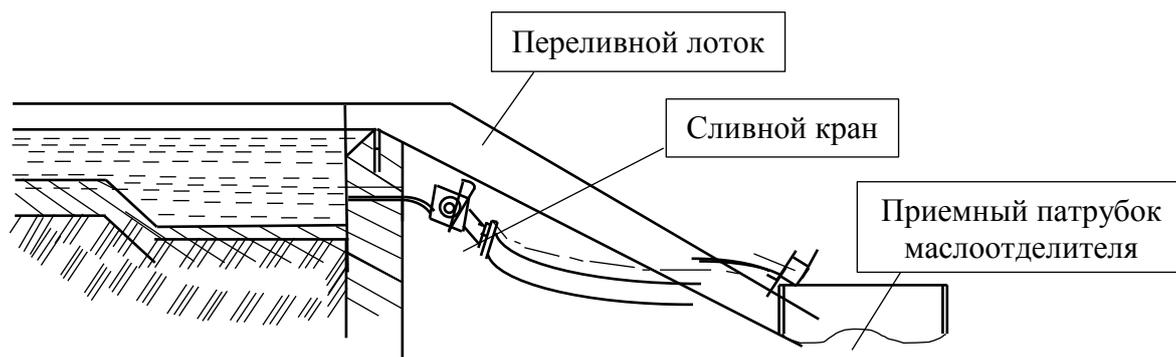


Рисунок 8–Сливные устройства воды из емкости первичной очистки

Система управления очистной установки должна обеспечивать контроль уровня воды в ёмкости условно чистой воды, автоматически включая дренажный насос при снижении уровня до установленного нижнего предела и отключая насос при переполнении ёмкости. Насос также должен автоматически отключаться при опорожнении ёмкости предварительного отстоя. Включение и отключение насоса высокого давления должно производиться синхронно с клапаном управления гидромонитором. При переполнении ёмкости условно чистой воды включается сигнал (световой или звуковой).

Излишки воды

Есть неудобное и существенное дополнение при эксплуатации автомойки на обратном водоснабжении - это вывозить излишки воды, так как каждый автомобиль надо споласкивать чистой водой. За минусом всех потерь на автомойку уходит порядком 10-15 литров на один автомобиль.

Решается вопрос просто: устанавливаются поверхностные накопители объемом 4-6 кубов и при заполнении вызывается автомобиль для откачки. В летнее время, при определенном стечении обстоятельств может встретиться неприятный запах, эта проблема решается путем добавления концентрата перекиси водорода.

3.3 Обоснование выбора решеток

При выборе настила (покрытию дна автомойки) необходимо учитывать следующие особенности:

- настил должен выдерживать большие нагрузки не только по весу автотранспорта, но и по объему проходящей жидкости;
- сквозь решётки на полу должны беспрепятственно проходят жидкие моющие средства, вода, песок, грязь более крупной фракции.

С учетом этого, на основе анализа технической литературы были выбраны прессованный решетчатый настил со следующими характеристиками:

- размеры ячеек: 33/11 мм;
- материал: нержавеющая сталь, в качестве защиты материала – горячее цинкование.

Металлическая решетка выполнена в форме прямоугольника с жестким коробом, внутри которого несущие и поперечные полосы образуют ячейки.

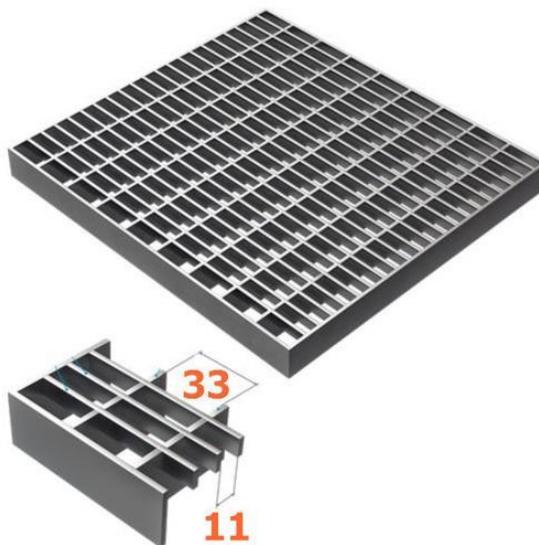


Рисунок 9 - Прессованный решетчатый настил, цинкованная сталь, ячейка 33x11мм

3.4 Конструкционный расчет горизонтального отстойника

3.4.1 Расчет горизонтального отстойника

Расчет аппаратов базируется на «Временных рекомендаций по проектированию очистных сооружений» [30].

Теория расчёта горизонтальных отстойников базируется на следующих предположениях:

- скорость движения стоков во всех точках любого поперечного сечения одинакова;
- скорость осаждения взвешенных примесей равномерна во время всего периода отстаивания.

По сути наш расчет пойдет от обратного, мы задали габариты отстойника и нам надо доказать, что это нормальные габариты для рассматриваемого технологического решения.

Отстойники представляют собой резервуары или открытые емкости, в которых методом отстаивания удаляются из воды механические примеси. В ходе этого процесса частицы дисперсионной фазы в зависимости от плотности вещества либо всплывают на поверхность воды, либо оседают на дно резервуара. Частицы, осевшие на дно, образуют осадок. При отстаивании сточной воды, загрязненной нефтепродуктами, частицы последних под действием сил поверхностного натяжения приобретают сферическую форму и под действием разности плотностей воды и частиц масла адсорбируются на поверхности, образуя пленку.

«Отстаиванию подвергаются только те частицы примеси, размеры которых превышают 10-5 см. Частицы размером от 10-7 до 10-5 см, образуя коллоидную микрогетерогенную систему, при отстаивании не оседают из-за уравновешивания сил тяжести и энергии броуновского движения для частиц с малыми массами» [11].

«Для того, чтобы процесс отстаивания был полным, скорость течения сточной воды необходимо максимально понизить до 0,25–0,5 м/сек. Вторым

фактором, влияющим на полноту осаждения, является длительность отстаивания, которая обычно составляет 1,5–2,0 ч» [2].

Вода в горизонтальный отстойник поступает через ряд отверстий в торцевой стенке и затем распределяясь по всему резервуару протекает по всей длине конструкции.

Для сбора осадка на дне отстойника располагается несколько приемков. Осадок, не попавший в приемок, счищается со дна специальным скребковым устройством. Перемещение скребков вдоль отстойника осуществляется с помощью зубчатой и цепной передачи. При движении по дну скребки собирают осадок, а при перемещении по поверхности воды – всплывшие на ее поверхность примеси, направляя их к специальному желобу. Удаление осадков из приемков может осуществляться путем слива по трубам на дне, подъема по иловым трубам под напором воды и с помощью плунжерного насоса.

Обычная геометрия аппарата:

- рабочая глубина отстойника: $H=1,5-4$ м;
- отношение длины к глубине: $L: H=8-12$ (до 20);
- ширина отстойника: $B=(2-5) H$. Зависит от способа удаления осадка и обычно находится в пределах 6-9 м;

Горизонтальные отстойники работают в диапазоне эффективности очистки 40-60%, при времени отстаивания 1-1,5ч [37].

Недостатками горизонтальных отстойников являются:

- высокая стоимость монтажа;
- низкая надежность скребкового механизма;
- наличие застойных зон, где осадок не удаляется.

За основу расчетов была взята автомойка на два поста.

Принимаем режим работы мойки с 8 утра до 10 вечера, т.е 14 часов в сутки.

На рисунке 10 представлена схема компоновки автомойки на два поста.

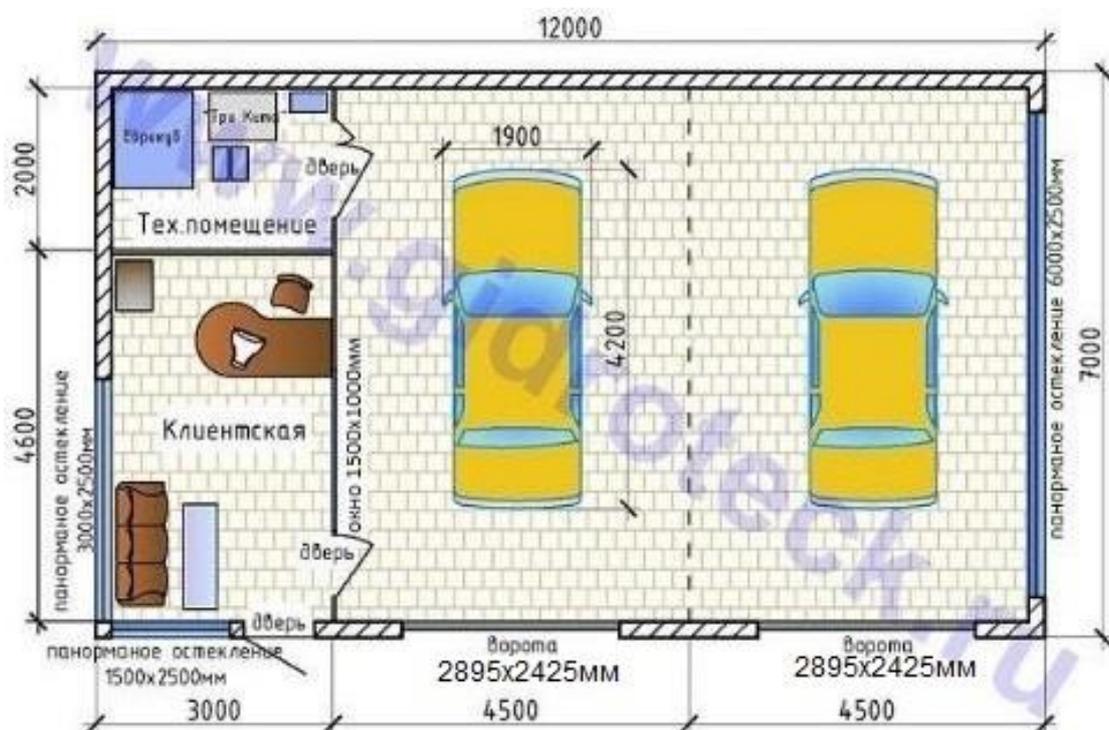


Рисунок 10 - Схема компоновки автомойки на 2 поста

Для того, чтобы определиться на какое расходное количество воды Q необходимо ориентироваться в расчетах проведем следующие расчеты:

Ранее в разделе 1 было подсчитано, что на расход воды в сутки на автомойке на один пост составляет:

$$Q \text{ 1 пост} = 180 \times \frac{14 \times 60}{20} = 7560 \text{ л/сут}$$

Мы приняли к рассмотрению автомойку на два поста, следовательно, общий расход воды на автомойке на 2 поста составляет:

$$Q \text{ общ} = 2 \times Q \text{ 1 пост} = 15120 \text{ л/сут} = 15,12 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Система локальной очистки будет работать в нерабочий период с 10 вечера до 8 утра, поэтому принимаем расчетный расход воды

$$Q = 15,12 \text{ м}^3/\text{раб.смену}$$

Конструктивный расчёт горизонтального отстойника

Для расчета горизонтального отстойника очистки воды от минеральных примесей необходимы следующие данные:

- Q (расход сточных вод) = $15,12 \text{ м}^3/\text{ч}$;

- $d_{\text{ч}}$ (минимальный эквивалентный диаметр частиц) = 45 мкм;
- C_0 (концентрация до очистки) = 1500 мг/м³;
- $\rho_{\text{ж}}$ (плотность жидкости) = 1020 кг/м³;
- g (ускорение свободного падения) = 9,81 м/с²;
- μ (динамическая вязкость жидкости) = 10⁻³ Па·с;
- $\rho_{\text{ч}}$ (кажущаяся плотность частиц) = 1550 кг/м³;
- v (скорость движения сточных вод в отстойнике) = 0,005 м/с;

В таблице 9 представлены исходные параметры по загрязняющим веществам.

Таблица 9 – Исходные параметры по загрязняющим веществам для расчета

На входе в горизонтальный отстойник	Показатели, мг/л
Взвешенные вещества	не более 1500
нефтепродукты	не более 75

Расчет:

а) скорость осаждения частиц в отстойнике, м/с (для мелких частиц сферической формы, осаждающихся в ламинарном режиме и в нестесненных условиях (критерий Архимеда $Ar \leq 3,6$)) можно рассчитать по уравнению Стокса:

$$v_{\text{ос}} = \frac{(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}}) \times g \times d_{\text{ч}}^2}{1,8 \times \mu}, \quad (3.4.1)$$

где $d_{\text{ч}}$ – минимальный эквивалентный диаметр частиц, высаждаемых в отстойнике, м;

$\rho_{\text{ч}}$ – кажущаяся плотность частиц, кг/м³;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, примем 1020 кг/м³;

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

μ – динамическая вязкость жидкости, принимаем 10⁻³ Па·с.

Подставим исходные данные в формулу 3.4.1:

$$v_{oc} = \frac{(1550-1020) \times 9,81 \times (4,5 \times 10^{-5})}{1,8 \times 10^{-3}} = 0,0058 \text{ м/с}$$

б) рабочий объем отстойника определяется по формуле (3.4.2):

$$V = Q \times \tau, \quad (3.4.2)$$

где τ – время отстаивания.

Принимаем типовое время отстаивания: 1,5 часа.

Подставляем заданные параметры в формулу (3.4.2):

$$V = 15,12 \times 1,5 = 22,68 \text{ м}^3$$

Данные проведенных исследований, представленные показывают, «что многие существующие локальные очистные сооружения не позволяют очищать до требуемых нормативов, потому что объемы отстойников занижены в 3 раза» [4].

Коэффициент использования объема отстойника $K=0,5$. С учетом этого принимаем объем аккумулирующей емкости равным 30 м^3 .

в) Длину отстойника исходя из подсчитанного объема емкости и компоновочной схемы автомойки на 2 поста принимаем равной 5 м. $L=5 \text{ м}$.

г) Глубину отстойника принимаем равной 2 м. $H=2 \text{ м}$.

в) Рассчитаем ширину отстойника, м:

$$B = \frac{V}{L \times H}, \quad (3.4.3)$$

Подставляем заданные параметры в формулу (3.4.3):

$$B = \frac{30}{5 \times 2} = 3 \text{ м},$$

Принимаем ширину отстойника, равной 3 м.

г) Днище отстойника выполняется с уклоном к прямку не менее 0,005; высота нейтрального слоя принимается равной 0,3 м над поверхностью осадка.

д) Эффективность очистки по взвешенным веществам:

$$m = \frac{C_0 \times (100 - \eta)}{100}, \quad (3.4.4)$$

где C_0 – количество взвешенных веществ в исходной (очищаемой) воде, мг/л;
 η – эффективность очистки взвешенных веществ в отстойнике, %.

Эффективность осаждения у горизонтального отстойника принимаем минимальную 60%.

$$m = \frac{1500 \times (100 - 60)}{100} = 600 \text{ мг/л}$$

Эффективность работы отстойника может быть увеличена за счет использования тонкостенных пластин. Тонкослойное отстаивание применяется в случае необходимости сокращения объема очистных сооружений при ограниченности выделяемой площади.

Общий принцип работы тонкослойной очистной системы — чем меньше слой жидкости, тем эффективнее происходят процессы осаждения (или всплытия) загрязняющих примесей. Конструктивные исполнения тонкослойных отстойников могут быть реализованы в двух вариантах: трубчатые и пластинчатые.

3.4.2 Порядок установки котлована

- а) в месте согласно, имеющегося проекта на строительный объект, необходимо выкопать котлован;
- б) размер котлована по дну:
 1. ширина = 3 м;
 2. длина = 5 м (с учетом величины колодца);
 3. глубина – с учетом отметок привязки по лотку впускной трубы и расчетного значения 2 м.
- в) уложить песчаную подушку под фундамент толщиной 10 см;

г) уложить бетонный раствор горизонтально, по уровню, толщиной 20 см. [36].

3.5 Оригинальное предложение по гидроциклону

3.5.1 Обоснование выбора конструкции

Разделение в гидроциклонах суспензий и эмульсий осуществляется за счёт разности плотностей частиц дисперсной фазы и дисперсной среды под действием сил центробежного поля [38]. Твёрдые взвешенные частицы, как более тяжелая фаза, отбрасываются к стенкам гидроциклона и вместе с частью воды выносятся через его нижнее сливное отверстие (нижний слив). Очищенная вода восходящим аксиальным потоком выносится через верхнее сливное отверстие гидроциклона (верхний слив). Нефтепродукты как более легкая фаза, концентрируются в осевой части корпуса гидроциклона и вместе с частью воды выносятся восходящим аксиальным потоком через верхнее сливное отверстие гидроциклона. Очищенная вода в этом случае отводится из гидроциклона через его нижний слив [35].

Были проведен анализ технической литературы, патентный поиск на предмет подбора конструкции гидроциклона. С учетом достоинств и недостатков, нами был определен выбор на напорном закрытом гидроциклоне типа ТВП – 50.

Преимущества гидроциклонов конструкции ТВП:

- изготавливаются из полипропилена, применяется в нефтедобывающей промышленности для очистки нефтесодержащих сточных вод под действием центробежных сил;

- преимуществом конструкции данных аппаратов является угол конической части гидроциклона, который составляет 12° , что за счет подключения вакуум-насоса обеспечивает создание зоны с самым низким давлением, по сравнению с аналогами. Такой эффект обеспечивает более эффективное выделение частиц нефтепродуктов из стоков;

- техническое обслуживание гидроциклонов не требует сложного оборудования и квалифицированного персонала;
- компактность;
- высокая удельная производительность;
- высокая надежность, благодаря отсутствию вращающихся частей в аппарате.

Для предохранения гидроциклона от абразивного износа его внутренние поверхности могут быть защищены полиуретаном или резиной при условии обеспечения гладкости поверхностей.

На рисунке 11 представлен общий вид напорного гидроциклона типа ТВП.

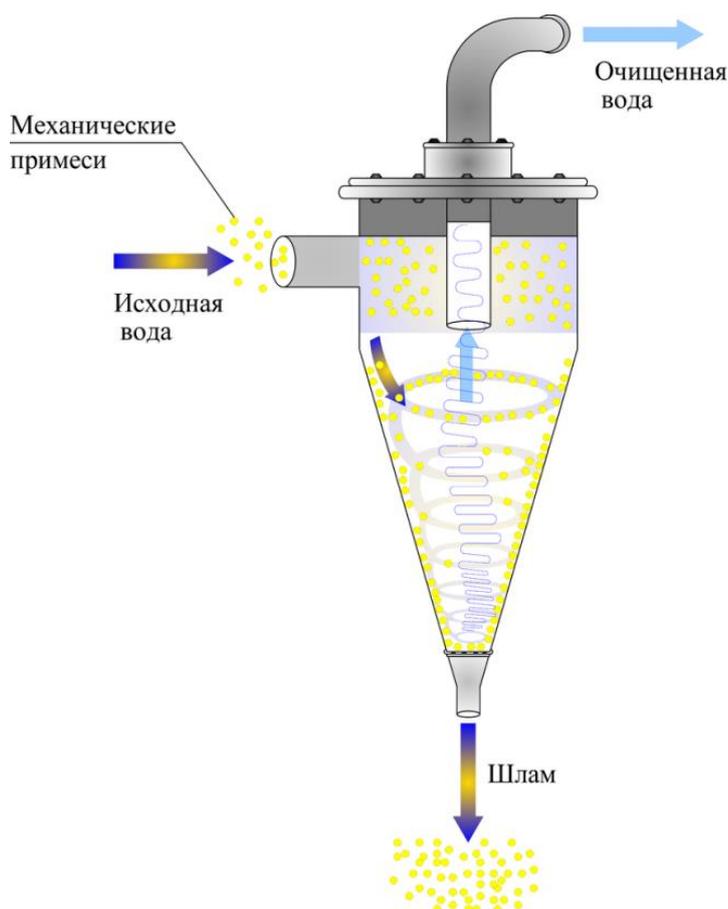


Рисунок 11 – Напорный гидроциклон типа ТВП

3.5.2 Конструкционный расчет гидроциклона

Ранее при расчете горизонтального отстойника мы уже обосновали суточный расход сточных вод $Q=15,12 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Мы приняли такой режим: автомойка работает с 8 утра до 10 вечера, потом запускается процесс очистки. В главе 3.4 мы определили время отстаивания воды в аккумулирующей емкости 1,5 часа. Поэтому с учетом, того что весь процесс очистки должен занимать не более 10 часов (24 часа-14 часа)

Проведя технический анализ конструкций гидроциклонов, мы остановили свой выбор на гидроциклоне ТВП-50 с внутренним диаметром корпуса $D=50 \text{ мм}$, производительностью $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ (раздел 3.5.1).

Расчет:

а) Определяем диаметр питающего патрубка:

$$d_{\text{пит}} = D \times 0,25 \quad (3.5.2.1)$$

где $d_{\text{пит}}$ – диаметр питающего патрубка, мм;

D – диаметр гидроциклона, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.1):

$$d_{\text{пит}} = 50 \times 0,25 = 12,5 \text{ мм}$$

По справочным данным принимаем стандартный эквивалентный диаметр питающего отверстия $d_{\text{пит}}=12 \text{ мм}$.

б) Диаметр сливного патрубка определяем по формуле:

$$d_{\text{сл}} = \frac{d_{\text{пит}}}{0,6} \quad (3.5.2.2)$$

где $d_{\text{сл}}$ – диаметр сливного патрубка, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.2):

$$d_{\text{сл}} = \frac{12,5}{0,6} = 20 \text{ мм}$$

Принимаем стандартный диаметр сливного патрубка $d_{\text{сл}}=13$ мм.

в) Диаметр шламового патрубка определяется по формуле (3.5.2.3):

$$d_{\text{шл}} = D \times 0,2 \quad (3.5.2.3)$$

где $d_{\text{шл}}$ - диаметр шламового патрубка, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.3):

$$d_{\text{шл}} = 50 \times 0,2 = 10 \text{ мм}$$

г) Высоту цилиндрической части определяем по формуле (3.5.2.4):

$$H_{\text{ц}} = 2 \times D \quad (3.5.2.4)$$

где $H_{\text{ц}}$ – высота цилиндрической части, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.4):

$$H_{\text{ц}} = 2 \times 50 = 100 \text{ мм}$$

д) Высоту конической части определяем по формуле (3.5.2.5):

$$H_{\text{к}} = 1,7 \times H_{\text{ц}} \quad (3.5.2.5)$$

где $H_{\text{к}}$ – высота конической части, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.5):

$$H_{\text{к}} = 1,7 \times 100 = 170 \text{ мм}$$

е) Глубина погружения сливного патрубка определяется по формуле(3.5.2.6):

$$H_{\text{сл}} = (0,8 - 0,85) \times D \quad (3.5.2.6)$$

где $H_{\text{сл}}$ – глубина погружения сливного патрубка, мм.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.6):

$$H_{сл} = 0,8 \times 50 = 40 \text{ мм}$$

ж) Определяем производительность гидроциклона (при потерях давления в гидроциклоне $\Delta P=0,2$ МПа) по формуле (3.5.2.7):

$$Q_{hc} = 9,58 \times 10^{-3} \times d_{num} \times d_{сл} \times (g \cdot \Delta P)^{1/2} \quad (3.5.2.7)$$

где Q_{hc} - производительность гидроциклона, м³/ч;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

ΔP – потери давления в гидроциклоне, МПа.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.7):

$$Q_{hc} = 9,58 \times 10^{-3} \times 12 \times 13 \times (9,81 \cdot 0,2)^{1/2} = 2,09 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

з) Определим концентрацию нефтепродуктов на выходе из гидроциклона, приняв среднюю эффективность очистки 70%, составит:

$$C = C_o - (C_o \times \eta) \quad (3.5.2.8)$$

где C - концентрация нефтепродуктов на выходе из гидроциклона, мг/л;

C_o – концентрация нефтепродуктов на входе в гидроциклон, мг/л;

η – эффективность очистки, %.

Подставим исходные данные принятые для расчета в формулу (3.5.2.8):

$$C = 75 - (75 \times 0,70) = 17,5 \text{ мг/л}.$$

3.5.3 Предложение по модернизации конструкции гидроциклона

В предлагаемой технологической схеме разрабатываемой локальной очистки сточных вод, с учетом того, что в замкнутой системе оборотной воды моек автотранспорта в значительном количестве образуются ионы металлов и металлоорганические комплексы, которые способствуют образованию стабильных эмульсий взвешенных веществ и нефтепродуктов в воде предлагается повысить качество очистки за счет применения реагентов в гидроциклоне.

Подачу реагентов осуществлять через сопло Вентури. Оригинальность и авторство предложенной конструкции подтверждено патентом РФ № 170906 [16]. Использование коагулянтов позволяет увеличить скорость осаждения или фильтрации частиц и повысить качество осветления воды при её очистке.

При химической очистке воды реагенты подаются в поток перекачиваемой загрязненной воды с помощью специальных насосов дозаторов, например, диафрагменные насосы MS0 и MS1 или плунжерные насосы PS1 и PS, выпускаемые ЗАО «ХЮКСО», и другие подобные насосы. Такие насосы имеют сложную конструкцию и высокую стоимость, а подача коагулянта, также, как и у перистальтических насосов, циклическая.

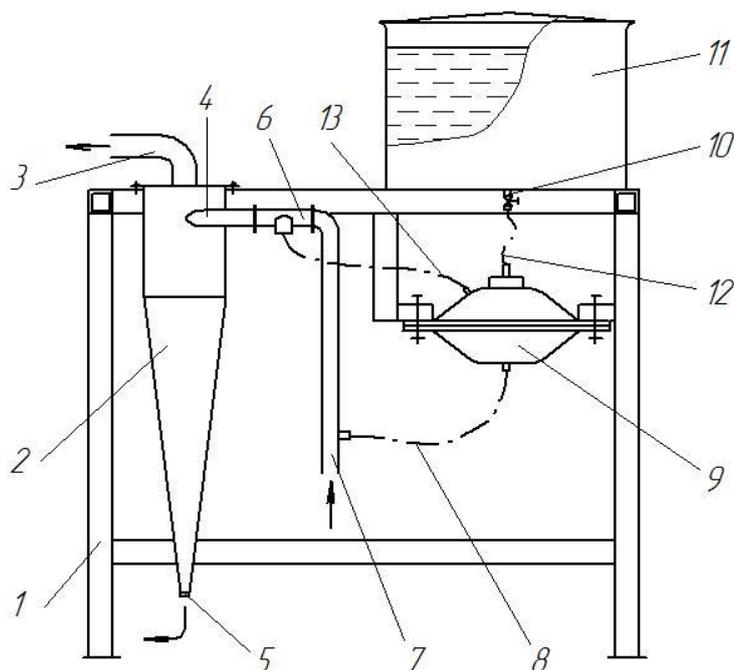
Известно устройство по патенту РФ №2165308 [19], в котором реагент подается в поток очищаемой жидкости непрерывно через инжектор. Однако такое устройство не может быть использовано в системах очистки жидкости, когда она прокачивается далее через фильтры, сопротивление которых потоку воды может быть переменным по мере их загрязнения.

Задача, на решение которой направлено данное техническое решение, заключается в создании возможности исключения из конструкции системы очистки воды дозирующих насосов или перистальтических насосов для подачи реагентов, при этом обеспечивая возможность непрерывной подачи необходимого количества реагента, вне зависимости от противодавления в прокачиваемом потоке очищаемой жидкости.

Устройство для очистки воды от загрязнений с использованием коагулянтов поясняется рисунками 12, 13 и 14.

Устройство для очистки воды от загрязнений включает раму 1, напорный гидроциклон с цилиндроконическим корпусом 2; патрубок слива осветленной воды 3, патрубок нагнетания загрязненной воды 4, патрубок отвода сгущенной фракции загрязнений 5, инжектор 6, трубу для подачи загрязненной воды 7, трубку 8 для подачи воды в нижнюю полость камеры, диафрагменную камеру 9, кран 10, ёмкость для реагента 11, трубку 12,

соединяющую емкость с камерой, трубку 13, соединяющую инжектор с камерой.



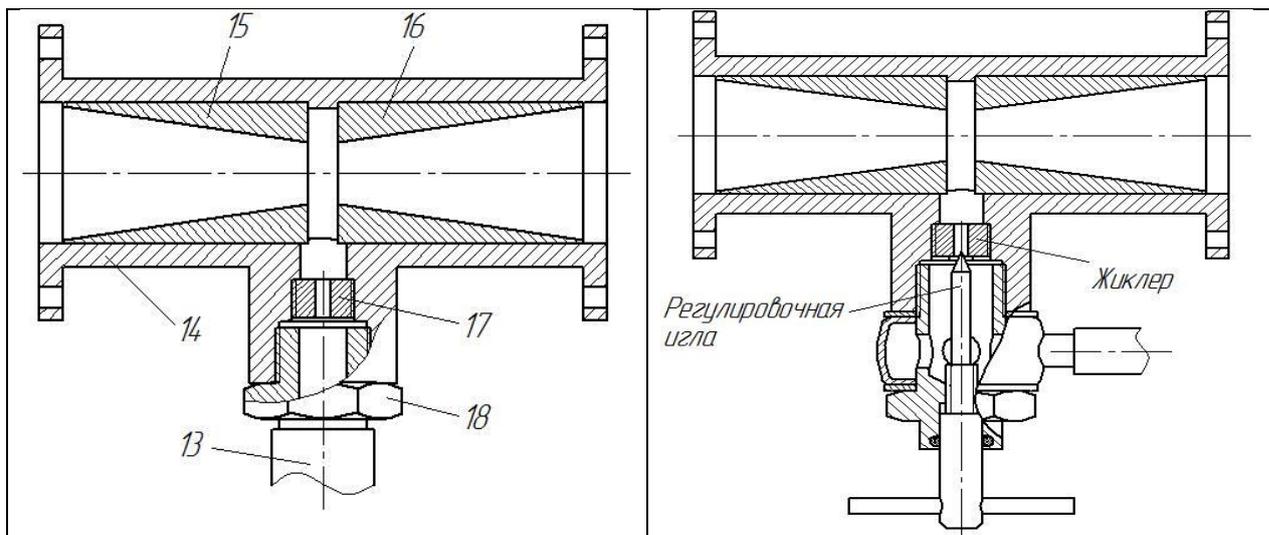
1-рама, 2- напорный гидроциклон с цилиндроконическим корпусом, 3- патрубок слива осветленной воды, 4- патрубок нагнетания загрязненной воды, 5- патрубок отвода сгущенной фракции загрязнений, 6- инжектор, 7- трубка для подачи воды, 9- диафрагменная камера, 10-кран, 11- ёмкость для реагента, 12- трубку, соединяющую емкость с камерой, 13- трубка, соединяющую инжектор с камерой.

Рисунок 12 - Общая схема устройства [9]

Инжектор для подачи реагента (рисунок 13) включает корпус 14 с фланцами для крепления, зеркально установленные в корпус до упора в буртик втулки 15 и 16 с коническими отверстиями, одна из которых является конфузуром, а другая диффузором. В резьбовое отверстие корпуса в зоне расположения торцов втулок 15 и 16 ввинчен жиклер 17 и далее ввинчен патрубок 18, соединяемый с трубкой 13. Жиклер может быть выполнен регулируемым, как это показано на рисунке 13.

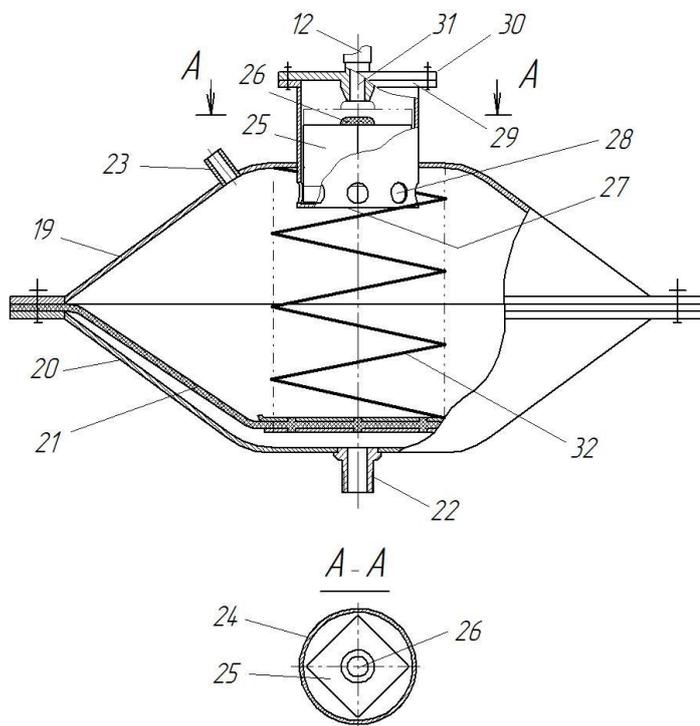
Диафрагменная камера 9 (рисунок 14) включает верхнюю крышку 19, нижнюю крышку 20, и находящуюся между ними эластичную диафрагму 21. Эти элементы герметично соединены между собой. В нижней части крышки 20 расположен патрубок 22, который используется для подсоединения с

трубкой 8. В верхней части крышки 19 установлен патрубок 23, который используется для подсоединения трубки 13.



14-корпус, 15-втулка, 16-втулка, 17- жиклер, 18-патрубок.

Рисунок 13 – Инжектор для подачи реагента в воду [9]



19 –верхняя крышка, 20 - нижняя крышка, 21 –диафрагма, 23-патрубок, 24-цилиндр, 25-поплавок, 26- клапан, 27- пластина, 28-отверстия, 29-фланец. 30-крышка, 31- центральное отверстие, 32-пружина.

Рисунок 14 – Диафрагменная камера [9]

По оси камеры через верхнюю крышку пропущен и герметично соединен с нею цилиндр 24, внутри которого размещен поплавок 25 с закрепленным на нём клапаном 26, выполненным из резины или другого подобного материала.

К нижней части цилиндра 24 прикреплена пластина 27, которая ограничивает крайнее верхнее положение диафрагмы и нижнее положение поплавка. В стенках цилиндра, входящих в полость камеры выполнены отверстия 28, обеспечивающие переливание реагента из цилиндра в верхнюю полость камеры.

Верхняя часть цилиндра оканчивается фланцем 29, герметично соединяемого с крышкой 30, имеющей по центру отверстие 31, которое снизу выполнено как седло клапана 26. С наружной стороны крышки отверстие выполнено как парубок для соединения с трубкой 12.

Внутри верхней полости камеры установлена пружина 32, которая опирается на стенку крышки 19 и центральную часть диафрагмы 21, своим давлением опуская её вниз до упора в стенку нижней крышки 20 в том случае, когда под диафрагмой нет давления воды.

Устройство используется следующим образом. В емкость 11 наливают реагент, открывают кран 10, что позволяет перетекать реагенту в верхнюю полость диафрагменной камеры 9. При повышении уровня реагента в камере поплавок 25 всплывает и прикрепленный к нему клапан 26, упираясь в седло клапана, перекрывает отверстие 31 крышки 30. В таком положении доступ реагента в камеру прекращается и устройство готово к работе.

При включении перекачивающего загрязненную воду насоса вода по трубе 7 подается в инжектор 6 и далее через патрубок 4 в корпус гидроциклона 2. В то же время вода по трубке 8 подается в нижнюю полость камеры 9 под диафрагму 21, через которую давление воды передается на реагент, находящийся над диафрагмой. Вследствие увеличения скорости потока воды в зоне стыка конфузора и диффузора инжектора возрастает кинетическая энергия потока и уменьшается статическое давление воды. За

счет возникшего динамического разряжения реагент из камеры 9 по трубке 13 начинает перетекать через жиклер 17 в поток загрязненной воды.

Поступая в корпус гидроциклона, вода перемещается по круговой траектории, перемешиваясь с реагентом. За счет протекающего при этом физико-химических процессов мелкие частицы загрязнения объединяются и активно отбрасываются на стенки корпуса гидроциклона и сползают вниз к патрубку 5, через который сгущенная фракция загрязнений может поступать в специальную емкость.

Процессы химической очистки воды могут продолжаться и в потоке воды, выходящей из патрубка 3 и в емкости для отстаивания воды, если она используется для этого в системе оборотного водоснабжения. Также укрупнение частиц загрязнений и улавливание их может происходить в фильтрах, если после гидроциклона вода подается непосредственно в фильтры тонкой очистки.

Перекачивание загрязненной воды обычно производят погружными фекальными насосами, которые не имеют обратного клапана. Поэтому при выключении насоса давление в трубе 7 падает, а также и в нижней полости камеры 9. При этом пружина 32 опускает эластичную диафрагму 21, что приводит к опусканию поплавка 25, клапан 26 отходит и через отверстие 31 реагент из емкости 11 начинает перетекать в верхнюю полость камеры. Таким образом, устройство подготавливается к следующему циклу очистки загрязненной воды.

На начальном этапе эксплуатации устройства его настраивают на нужный расход реагента путем подбора диаметра жиклера, обеспечивающего требуемую концентрацию реагента в воде.

Объем верхней полости камеры должен обеспечивать подачу реагента на максимальный объем одного цикла очистки воды, который может быть не более объема первичной емкости, куда стекает вода, например, при мойке автомобилей.

Объем емкости для коагулянта и диафрагменной камеры назначаются исходя из цикла рабочего процесса очистки с учетом общей его производительности.

Используемые в конструкции трубы, шланги и другие элементы трубопроводной арматуры должны быть коррозионностойкие в контакте с очищаемой водой и не оказывать дополнительных вредных воздействий на воду.

3.5.4 Математическое обоснование работы инжекторного дозатора коагулянта

Принцип работы инжектора основан на том, что в потоке жидкости на участке, где скорость движения возрастает, увеличивается кинетическая энергия, что приводит к снижению потенциальной энергии, т.е. давления. Соединенные между собой конфузор и диффузор представляют собой трубку Вентури.

Трубка Вентури может быть использована в качестве расходомера, т.е. датчика расхода жидкости, который выражается замеряемой разностью давления в подводящей трубе и горловине в месте соединения конфузора и диффузора.

Аналитически объемный расход жидкости выражается формулой:

$$Q_b = \frac{CF_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}, \quad (3.5.4.1)$$

где F_1 и F_2 - площади сечений входного отверстия конфузора и его меньшего отверстия (площадь горловины трубки Вентури), соответственно;

P_1 и P_2 - давление жидкости в сечении входного отверстия трубки Вентури и её горловины, соответственно;

C - коэффициент, отражающий потери внутри расходомера;

ρ - плотность жидкости.

В предлагаемом устройстве коагулянт подается в очищаемую воду через жиклер, соединенный с горловиной инжектора. Объемный расход коагулянта через жиклер выражается формулой:

$$Q_k = \mu \times F_0 \times \sqrt{\frac{2 \times (P_1 - P_2)}{\rho_k}}, \quad (3.5.4.2)$$

где F_0 - площадь проходного сечения жиклера;

μ - коэффициент расхода, главным образом зависящий от вязкости жидкости и формы отверстия жиклера;

ρ_k - плотность коагулянта.

Концентрацию объемного расхода коагулянта γ_Q в очищаемой воде можно найти путем отношения расхода коагулянта к расходу воды через инжектор. Плотность водного раствора коагулянта при малой концентрации входящих в раствор химикатов незначительно отличается от плотности очищаемой воды. Используя приведенные формулы получим:

$$\gamma_Q = \frac{Q_k}{Q_b} = \frac{\mu F_0}{C F_2} \sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2} 100\%. \quad (3.5.4.3)$$

Из полученной формулы следует, что концентрация объемного расхода коагулянта в основном определяется диаметрами входной трубы эжектора и его горловины, а также размером проходного сечения жиклера. Влияние всех остальных факторов на коэффициент расхода жиклера и коэффициент потерь внутри эжектора, скорее всего, идентично, т.е. их отношение можно считать постоянным.

Таким образом, предлагаемое устройство дозатора коагулянта обеспечивает поддержание его стабильной концентрации в очищаемой воде при возможных изменениях противодействия и скоростей потока очищаемой

воды. При использовании плунжерных, диафрагменных и перистальтических дозаторов при изменении характеристик потока очищаемой воды требуется оперативная регулировка производительности дозаторов. Это является их существенным недостатком.

3.6 Расчет объема образования объемов шлама

Основные составляющие шлама: вода, механические загрязнители, нефтепродукты. По степени воздействия на организм человека данный отход относят к третьему классу опасности (умеренно опасный) [34].

Кроме песка и грязи, иловый осадок состоит:

- из органических соединений,
- неорганических включений; солей тяжелых металлов,
- нефтепродуктов, содержание которых может быть более 15% от общего объема,
- ПАВ (поверхностно-активных веществ), избыточное содержание которых повышает класс опасности илового осадка.

Расчёт осадка из очистных сооружений поверхностных вод определяется по формуле:

$$n = (k_1 - k_2) \times Q_{\text{год}} \quad (3.6.1)$$

где k_1 – концентрация загрязняющих веществ до очистки;

k_2 – концентрация загрязняющих веществ после очистки;

$Q_{\text{год}}$ - годовой расход сточных вод.

Рассчитаем годовой расход сточных вод по формуле (3.6.2):

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{раб. смену}} \times N \quad (3.6.2)$$

где $Q_{\text{раб. смену}}$ – расход сточных вод в рабочую смену, м³/с;

N – количество рабочих дней в году.

Принимаем $N=247$ дней (согласно рабочему календарю на 2020 год).

Подставляем исходные данные в (3.6.2):

$$Q_{\text{год}} = 15,12 \times 247 = 3734,64 \text{ м}^3.$$

В технологической схеме, разрабатываемой в данной бакалаврской работе были приняты показатели загрязняющих веществ, представленные в таблице 10

Таблица 10 – Концентрации загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	На входе	На выходе
Взвешенные вещества, мг/л	не более 1500	40
Нефтепродукты, мг/л	не более 75	20

Проведем расчет:

а) взвешенные вещества:

Подставим данные из таблицы 10 в формулу (3.6.1):

$$n = (1500 - 40) \times 3734,64 \times 100 = 545257440 \text{ мг/год} = 5,45 \text{ т/год}$$

б) нефтепродукты:

$$n = (75 - 20) \times 3734,64 \times 100 = 20540520 \text{ мг/год} = 0,02 \text{ т/год}$$

Для накопления и хранения твердых отходов до их вывоза на утилизацию заказчику необходимо оборудовать места временного хранения отходов.

Возможное использование (рециклинг) шлама:

а) Применение в качестве пирокарбоната, который получается методом пиролиза. Осадок перерабатывается при высокой температуре в камере с недостатком воздуха. Пирокарбонат один из видов технического газового углерода, который совершенно не имеет вредных свойств. Применяется в сельском хозяйстве в качестве добавки для почвы, а также в резинотехническом или лакокрасочном производстве.

б) Применение осадка в качестве составного компонента для производства сухого цемента. Такое применение может снизить себестоимость конечного продукта, при этом, совершенно не ухудшая его эксплуатационных характеристик.

в) Применение осадка в дорожном хозяйстве – им посыпают дорожное полотно.

3.7 Реагентное хозяйство

3.7.1. Выбор и обоснование применяемых реагентов

Для коагуляции в основном используется сернокислый алюминий или соли 3-х валентного железа. Доза коагулянта, которая нужна для обесцвечивания, находится пробной коагуляцией воды без подкисления, при подкислении, а также при подщелачивании. Чтобы рассчитать ориентировочную дозу коагулянта используется следующая формула:

$$D = 4 \times \sqrt{C} \quad (3.7.1)$$

где D – доза коагулянта, мг/л;

C – цветность, град.

Для рассматриваемой технологической схемы очистки сточных вод автомоек (при основном показателе цветности 60 град) предварительная доза коагулянта сульфата алюминия составляет 30 г/м³.

В соответствии с исходной максимальной мутностью по таблице 11 выбирают дозу коагулянта.

Принятое по таблице 11 значение дозы коагулянта сравнивают с дозой, полученной по формуле (9). При одновременном содержании в исходной воде взвешенных веществ и цветности для дальнейших расчетов принимают наибольшую из доз.

Таблица 11 – Доза коагулянта в зависимости от мутности обрабатываемой воды

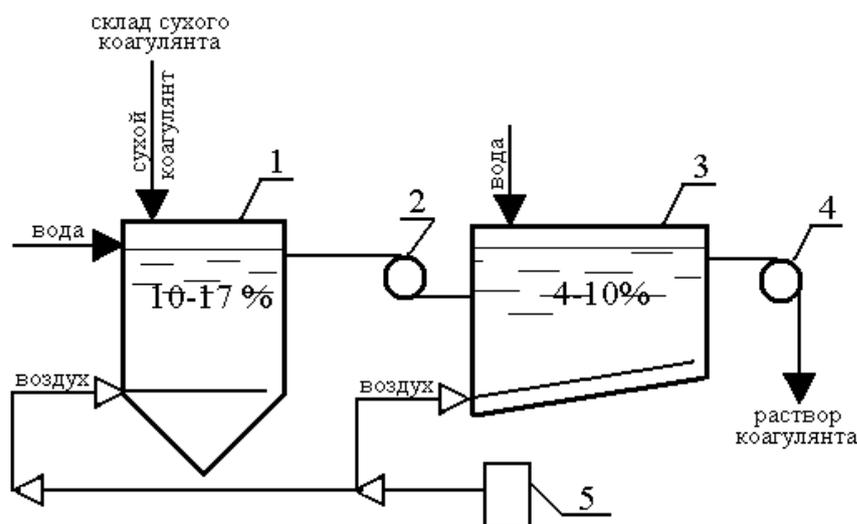
Мутность воды, г/м ³	Доза коагулянта, г/м ³	Мутность воды, г/м ³	Доза коагулянта, г/м ³
менее 100	25 – 35	600-800	50 – 60
100 – 200	30 – 40	800 – 1000	60 – 70
200 – 400	35 – 45	1000 – 1500	70 – 80
400 – 600	45 – 50	-	-

Коагулянты, используемые для очистки воды, подразделяются: неорганические (минеральные, например, соли железа и алюминия) и органические.

В нашем случае в качестве оптимального реагента исходя из цены, доступности и обоснованности очистки выбираем сульфат алюминия [22].

Для приготовления и хранения раствора данного коагулянта предлагается использовать типовую схему для станций очистки небольшой производительности, представленную на рисунке 14.

В предлагаемой технологической схеме учитывая небольшой расход реагента оптимальным вариантом хранения коагулянта является сухой тип. Коагулянт подают в растворные баки, затем происходит его растворение до раствора с концентрацией 10 % – 17%. Следующий этап - подача приготовленного раствора коагулянта в расходные баки, где происходит финишное разбавление до концентраций 4% – 10%. Подготовленный таким образом раствор коагулянта добавляется в обрабатываемую сточную воду. Погрузочные работы для доставки реагента в баки растворные с позиции охраны труда должны быть максимально механизированы, с целью исключения контакта персонала с химическими реагентами.



1 – растворный бак, 2 – насос (перекачка раствора реагента), 3 – бак расходный, 4 – насос (дозатор) раствора коагулянта, 5 – воздуходувка.

Рисунок 14 – Схема для коагулянта сухого хранения

3.7.2 Расчёт реагентного хозяйства

Расчёт реагентного хозяйства для приготовления, а также хранения, добавления коагулянта сернокислого алюминия (сухой способ).

При классической схеме расчета определяют следующие параметры.

1. Определяем суточный расход коагулянта.

Считаем суточный расход коагулянта (кг/сут) по данной формуле»:

$$G_k = \frac{D_k \times Q_{\text{сут}}}{1000 \times P_i}, \quad (3.7.2)$$

где D_k – предварительная доза коагулянта,

$Q_{\text{сут}}$ - суточная производительность станции, $\text{м}^3/\text{сут}$, $Q_{\text{сут}} = Q_{\text{полн}}$;

P_i - процентное содержание безводного продукта в товарном коагулянте, для очищенного сернокислого алюминия составляет 40,3%, для неочищенного 33,5%.

2. Определяем площадь склада, м^2 :

$$F_{\text{скл}} = \frac{G_k \times T \times \alpha}{G_0 \times h}, \quad (3.7.3.)$$

где T - продолжительность хранения коагулянта на складе (15-30 суток);

a - коэффициент, учитывающий дополнительные площади проходов на складе, при расчете принимаем равным 1,15;

G_0 - объемный вес коагулянта при загрузке склада навалом составляет 11000 кг/м³;

h_k - допустимая высота слоя коагулянта на складе, для сернокислого алюминия составляет 2 м.

В зависимости от площади принимают размеры склада в плане. Этот параметр рассчитывать в рассматриваемой бакалаврской работе технологической схеме очистке сточных вод не целесообразно.

2. Определяем объем растворных баков:

Определение объема растворных баков, м³ по формуле:

$$W_{\text{раств}} = \frac{D_k \times Q \times T}{10000 \times b_p \times \gamma}, \quad (3.7.4)$$

где T - продолжительность хранения коагулянта на складе (15-30 суток);

b_p - концентрация коагулянта в растворном баке, 10-17% для неочищенного коагулянта, 10-20% для очищенного.

γ - объемный вес коагулянта = 1 т/м³.

Размеры баков назначают конструктивно исходя из объема и условий компоновки. Рекомендуется высоту слоя коагулянта принимать в пределах 1 – 2 м. При применении кускового коагулянта в баках устанавливают колосниковые решетки с прозорами 10 – 15 мм. Если используется порошкообразный реагент, то на решетку укладывается сетка с отверстиями 1 – 2 мм. Стенки растворного бака ниже колосниковой решетки выполняют

наклонными под углом $45 - 50^\circ$ к горизонту. Объем подколосниковой части не входит в объем $W_{\text{раств}}$.

3 Определяем объем расходных баков, м^3 :

$$W_{\text{расх}} = \frac{W_{\text{раств}} \times bp}{b} \quad (3.7.5)$$

где b - концентрация коагулянта в расходном баке, $b = 4-12\%$.

Размеры бака назначают конструктивно. Дно бака имеет уклон не менее $0,010$. Строительная высота растворных и расходных баков принимается на $0,3 - 0,5$ м более высоты раствора коагулянта.

Ранее расчетным способом мы убедились, что производительность рассматриваемой станции автомойки будет составлять $57,6 \text{ м}^3/\text{сут}$. Учитывая небольшую производительность разрабатываемой технологической схемы очистки сточных вод и вследствие этого небольшой расход коагулянта принимаем сухой способ использования коагулянта.

Проведем типовой расчет реагентного хозяйства для приготовления, хранения и дозирования коагулянта (сернокислого алюминия) для разрабатываемой автомоечной станции с целью определения необходимых площадей и оборудования.

Исходные данные для расчета:

$$Q_{\text{сут}} = 57,6 \text{ м}^3 / \text{сут};$$

$$D_k = 30 \text{ г/м}^3.$$

1. Определяем суточный расход коагулянта по формуле (3.7.2):

$$G_k = \frac{30 \times 57,6}{1000 \times 33,5} = 0,05 \text{ кг/сут}$$

где P_i - содержание продукта(безводное) в товарном коагулянте, для очищенного сернокислого алюминия = $40,3\%$, для неочищенного = $33,5\%$.

Учитывая маленький низкий расчет коагулянта, нет необходимости рассчитывать площадь склада, так как хранение будет осуществляется в одном баке.

2. Определить объем растворных баков (3.7.3):

$$W_{\text{раст}} = \frac{30 \times 57,6 \times 15}{100000 \times 18 \times 1} = 0,015 \text{ м}^3$$

принимая, что:

- Q в расчетах принято равным 57,6 м³ /ч;
- время, на которое заготавливают коагулянт, так как производительность станции 57,6 м³ /рабочую смену, принимаем T равным 15 ч;
- концентрация коагулянта в растворном баке, b_p составляет 18 %;
- γ - объемный вес коагулянта составляет 1 т/м³.

3 Определяем объем расходных баков, м³ :

$$W_{\text{расх}} = \frac{0,015 \times 18}{10} = 0,02 \text{ м}^3$$

Принимая для расчета b равным 10 %.

Таким образом, проведенные расчеты позволили определить суточный расход коагулянта и объем расходного бака для реагентного хозяйства.

3.8 Обоснование подбора адсорбционного фильтра

3.8.1 Обоснование выбора трехполочного адсорбера

Как уже обозначалось ранее целью данного исследования являлось разработка экономически оправданной технологической схемы, позволяющей эффективно очищать сточную воду от ионов тяжелых металлов. Недостатком большинства существующих систем оборотного водоснабжения, реализованных для моек автомашин является наличие двухступенчатых финишных (отдельно грубой и тонкой очистки), что тем самым повышает материалоемкость и экономические затраты.

Предлагаемое техническое решение представлено в патенте РФ № 2 712 571 С1 авторов: Москвичева Е.В, Радченко О.П., Клочков Д.П. [17]. На рисунке 5 представлен общий вид абсорбера.

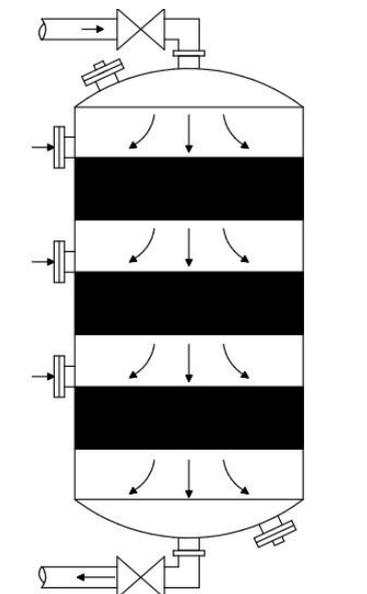


Рисунок 15 - Трехполочный адсорбер

Адсорбер выполнен в виде металлического цилиндрического корпуса с неподвижно закрепленными на корпусе верхним и нижним днищами с входным и выходным отверстиями соответственно, в днищах также выполнены люки, предназначенные для технического осмотра и ревизии адсорбера, кроме этого, корпус адсорбера снабжен тремя люками, расположенными в верхней, средней и нижней частях корпуса и предназначенными для загрузки и осмотра сорбционного фильтрующего материала, внутри адсорбера жестко смонтированы три полочки в виде беспровальных решеток, предназначенных для укладки на них сорбционного материала, причем на верхнюю полочку укладывается сорбент диаметром 7 мм для грубой очистки загрязненных сточных вод от мелкодисперсных частиц, на среднюю полочку укладывается сорбент фракцией 5 мм, а на нижнюю - фракцией 1-3 мм для тонкой очистки сточных вод от

эмульгированных нефтепродуктов, причем полочки снабжены прижимными рамами для предотвращения размывки и уноса сорбционного материала.

При этом адсорбер трубопроводом с регулирующим вентилем соединен с накопительной емкостью очищенной воды и трубопроводами с регулирующими вентилями соединен с подающим насосом, предназначенным для подачи очищенной от нефтесодержащих веществ воды на мойку автотранспорта, помимо этого, накопительная емкость очищенной воды трубопроводами с регулирующими вентилями соединена с насосом для подачи в адсорбер противотоком очищенной воды для промывки сорбционного материала, а трубопроводами с регулирующими вентилями через подающий насос адсорбер соединен с горизонтальным отстойником для сброса в него загрязненной после промывки сорбционного материала воды.

3.8.2 Обоснование выбора адсорбента

Алюмосиликатный сорбент- современный сорбент на основе природных силикатов. В таблице 12 представлен компонентный состав алюмосиликатного сорбента.

Таблица 12 –Компонентный состав алюмосиликатного сорбента

Компонент	Показатель, %
SiO ₂	86,2
Al ₂ O ₃	4,15
Fe ₂ O ₃	1,56
TiO ₂	0,2
K ₂ O	1,2
CaO	1
Na ₂ O	До 0,5
MgO	До 1
SiO ₃	До 0,72

В отличие от традиционных сорбентов он имеет разветвленную структуру и гидрофобизированную поверхность[26]. Эти свойства придают веществу высокую динамическую емкость по нефтепродуктам в сравнении с другими сорбентами на угольной или полимерной основе.

Показатели очистки

Степень очистки от нефтепродуктов при применении алюмосиликатов составляет до 98%. Высокая сорбционная емкость по катионам тяжелых металлов (более 4 кг/м³).

Утилизация отработанного сорбента по 4-му классу опасности, путем сжигания или закапывания в почву.

Таблица 13– Характеристика алюмосиликата [23]

Показатель	Значение
Размер элементов	2-8 мм
Объёмный вес	100 кг/м ³
Динамическая сорбционная ёмкость по нефтепродуктам, %, не менее	200
Сорбционная ёмкость по КТМ, кг/м ³	4,3
Высота слоя минимальная, см	60
Скорость потока: в режиме адсорбции м/час	4-5

При превышении рекомендуемой скорости фильтрации 5 м/ч возможен отрыв собранных загрязнений и проскок в фильтрат.

Основные недостатки классического адсорбента-активированного угла:

- низкая сорбционная способность по отношению к сточным водам, загрязненным нефтепродуктами;
- повышенная горючесть;
- более высокие экономические затраты.

Преимущества предлагаемого сорбента[27]:

- высокая эффективность загрузки при очистке воды от тяжелых металлов, органических соединений, нефтепродуктов;
- Высокая сорбционная емкость по катионам тяжелых металлов (более 4 кг/м³);
- доступный, недорогой и экологически безопасный сорбент;
- при правильном использовании нет необходимости в регулярной замене загрузки. Загрузка только пополняется для компенсации истирания при отмывках (несколько процентов в год);
- устойчив к окислителям (O₂, O₃, Cl₂, NaClO и др.);
- замену алюмосиликатного сорбента допускается проводить до 10 раз реже угольного идентичного объема.

Таким образом, применение в предлагаемой системе оборотного водоснабжения трех-полочного адсорбера, с использованием природного алюмосиликатного сорбента с высокой сорбционной способностью, в сравнении с системой оборотного водоснабжения по прототипу с использованием в качестве сорбционного материала активированных углей, обеспечивает повышение эффективности работы заявляемой системы при одновременном ее упрощении, что и является новым техническим результатом.

Выводы по использованию адсорбера с алюмосиликатным сорбентом:

Использование адсорбента с оптимально подобранной дисперсностью увеличивает продолжительность работы адсорбера до промывки и общий период работы установки до замены адсорбента и, как следствие снижает эксплуатационные расходы.

3.8.3 Регенерация адсорбентов

«Известно, что адсорбенты не могут быть регенерированы простой промывкой. Удаление нефтепродуктов из адсорбентов требует применения термических методов. Обычно регенерацию проводят в печах, что требует

выгрузки адсорбентов из адсорбера после однократного использования и последующей загрузки с обязательным добавлением 15% «свежего» [37].

Выбор алюмосиликата в качестве адсорбента обусловлен, во-первых, его высокими адсорбционными свойствами по отношению к малорастворимым гидроксидам тяжелых металлов, способностью образовывать комплексы в виде коллоидных структур, которые под действием сил электростатического взаимодействия и сил Ван-дер-Ваальса закрепляются на поверхности зерен адсорбента и вымываются при последующей обратноточной промывке. Во-вторых, ввиду того, что алюмосиликат имеет рыхлую слоистую кристаллическую структуру и благодаря частичному изоморфному замещению в слоистых решетках, элементарные пакеты минералов заряжены отрицательно и фактически являются полимерными анионитами. Большой отрицательный заряд сосредоточен в основном на поверхности элементарных пакетов и нейтрализован обменными катионами Mg или Fe, расположенными в основном в межпакетных пространствах и в виде аквакомплексов, осуществляющими связь между пакетами.

«В процессе прохождения сточных вод через слой алюмосиликата происходит ионный обмен с растворенными в воде слоями тяжелых металлов, сорбируя из воды катионы тяжелых металлов и отдавая катионы Mg, Fe, которыми алюмосиликат периодически насыщается при регенерации. Алюмосиликатный сорбент улавливает одновременно все ионы тяжелых металлов (никеля, железа, меди, цинка, кадмия, хрома) в достаточно широком диапазоне концентраций» [27].

«По мере работы фильтра и при наличии в исходной воде органических загрязнений, особенно нефтепродуктов, зерна алюмосиликата покрываются пленкой, которая блокирует активную поверхность сорбента, что затрудняет диффузию ионов тяжелых металлов к поверхности зерен алюмосиликата для дальнейшего ионного обмена. в результате этого резко снижаются

ионообменные свойства алюмосиликата и, как следствие, увеличивается проток ионов тяжелых металлов в фильтрат» [21].

«Большим достоинством алюмосиликатного адсорбента является его способность к регенерации» [21]. «Для удаления поверхностной пленки с зерен сорбента используют известный реагент - раствор гидроксида натрия. Выбор концентрации раствора реагента обусловлен удалением органических загрязнений с поверхности сорбента. При этом низкая концентрация реагента не обеспечивает полного удаления органической пленки с поверхности сорбента и не приводит к восстановлению его ионообменных свойств. Повышение концентрации реагента способствует более полному удалению органической пленки и практически полному восстановлению его свойств, однако чрезмерное повышение концентрации реагента нецелесообразно, так как приводит к его перерасходу» [20].

«Экспериментально определено, что оптимальной концентрацией гидроксида натрия в качестве регенерирующего раствора является 3 5% Время обработки также зависит от степени загрязнения зерен сорбента органическими веществами. Недостаточное время действия реагента не обеспечивает полного удаления органических загрязнений с поверхности адсорбента и, следовательно, не восстанавливает его свойства. Увеличение времени обработки обеспечивает глубокую очистку зерен сорбента, полностью восстанавливает свойства сорбента, однако дальнейшее повышение обработки нецелесообразно, так как не приводит к дальнейшему повышению свойств сорбента, а только увеличивает перерыв в работе установки и требует дополнительных энергозатрат, что экономически невыгодно» [20]. «Экспериментально определено, что оптимальным временем обработки раствором гидроксида натрия является 30 40 мин» [20].

Для повышения степени регенерации согласно [21] целесообразно дополнительно использовать 4%-м раствор сульфата (или хлорида) магния.

«Таким образом, исследования по регенерации показали его хорошую способность к восстановлению сорбционных свойств путем периодической

активации 4%-м раствором сульфата (или хлорида) магния или при последовательной обработке вначале 4-5%-м раствором соды затем раствором соли магния. С несколько меньшим эффектом регенерация адсорбента может быть выполнена только 4-5%-м раствора соды. Эффективная двухстадийная схема регенерации позволяет регенерационные растворы использовать многократно в циркуляционном режиме в течение пяти- шести циклов регенерации» [27].

3.9 Мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности

В процессе эксплуатации нефтеочистных сооружений необходимо руководствоваться положениями и требованиями, изложенными в следующих документах:

«Правила безопасности при эксплуатации водопроводно-канализационных сооружений»,

«Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности» НПБ 111-98*.

«Охрана труда и техника безопасности в коммунальном хозяйстве».

Меры личной профилактики при работе с осадком и нефтепродуктами, содержащими тетраэтилсвинец, обезвреживание территории, тары, контейнеров, хранение спецодежды должны производиться в соответствии с «Санитарными правилами по хранению, перевозке и применению этилового бензина в автотранспорте». Во время проведения регламентных работ внутри камер рабочий обязан быть в страховочном поясе с надежно закрепленным фалом, другой конец которого должен находиться у второго рабочего, находящегося наверху.

Порядок контроля (частота забора воды, объема анализов и пр.) согласовывается с учреждениями санитарно-эпидемиологической службы, комитетом природных ресурсов.

Заключение

В бакалаврской работе предложены технические мероприятия по повышению качества очистки локальных очистных сооружений для малых автопредприятий на примере автомойки с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

В результате проведенного исследования:

1) Представлен анализ проблемы загрязнения окружающей среды сточными водами малых автопредприятий. Определены:

- технологические расходы воды на мойку автомобиля;
- количественный и качественный состав сточных образующихся в автомойках;
- требования, предъявляемые к технологической воде, для создания замкнутого водооборотного цикла.

2) Разработана технологическая схема для создания локальной станции очистки для автомоечных предприятий.

3) Предложены технические конструктивные решения по повышению качества очистки локальных очистных сооружений:

- модернизация конструкции гидроциклона. В предлагаемой технологической схеме локальной очистки сточных вод, с учетом того, что в замкнутой системе оборотной воды моек автотранспорта в значительном количестве образуются ионы металлов и металлоорганические комплексы, которые способствуют образованию стабильных эмульсий взвешенных веществ и нефтепродуктов в воде предлагается повысить качество очистки за счет применения реагентов в гидроциклоне. В качестве модернизации предлагается подачу реагентов осуществлять через сопло Вентури;
- трехполочный адсорбер.

4) Дано математическое обоснование предлагаемого технического решения по модернизации гидроциклона.

5) Проведены конструктивные расчёты аппаратной части:

- горизонтального отстойника;
- гидроциклона.

6) Дано обоснование по выбору адсорбента. Предложены технологические схемы регенерации адсорбента.

7) Проведен расчет реагентного хозяйства.

8) Проведен расчет объема образования объемов шлама.

Таким образом, предлагаемые инновационные решения в области создания локальных очистных сооружений на примере автомоек по предложенной технологической схеме гарантируют следующие преимущества:

- снижение нагрузки на городские очистные сооружения, что способствует повышению степени очистки сточных вод городского цикла;
- экономию расхода пресной воды;
- повышение эффективности работы системы оборотного водоснабжения для автотранспортных предприятий, направленное на повышение эффективности очистки сточных вод за счет использования материалов с высокой сорбционной способностью и инновационных конструкционных решений при одновременном упрощении обслуживания и сокращении экономических затрат.

Список используемых источников

1 Букатенко Н. А., Кузьменко Е. А., Лисогор Е. С. Состав сточных вод после автомойки // [Электронный ресурс] URL: <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/microcad/2014/S18/p252-p252.pdf> (дата обращения: 02.12.2019).

2 Ветошкин, А.Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод : учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Инфра-Инженерия, 2019. - 296 с. - ISBN 978-5-9729-0277-4. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1053372> (дата обращения: 14.05.2020)

3 Галкин Ю.А., Селицкий Г.А. Глубокая очистка нефтесодержащих сточных вод с применением отстойников-флокуляторов и нанодисперсных реагентов журнал Водоснабжение и канализация 7-8/2009 с .54-65.

4 Гогина Е.С., Саломеев В.П., Побегайло Ю.П. «Решение проблемы очистки сточных вод от автомоек и транспортных предприятий» вестник МГСУ 12/2012 с.166-176. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-problemy-ochistki-stochnyh-vod-ot-avtomоек-i-transportnyh-predpriyatiy-1/viewer> (дата обращения: 21.03.2020).

5 Голованчиков А.Б., Первакова Г.И., Бацокин И.С. Вероятность улавливания частиц в напорном гидроциклоне // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст., серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах», выпуск 10. Волгоград: Волгоград ГТУ. 2011. № 3(76). С. 5-9.

6 Гудков, А.Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие / А.Г. Гудков. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 188 с. - ISBN 978-5-9729-0311-5. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1053347> (дата обращения: 14.05.2020)

7 Иванов М. Отстойники в очистных системах/ ежемесячный деловой журнал «Коммунальный комплекс России» №3 (189), март ,2020 с. URL.:

<http://gkhprofi.ru/actual-subjects/vodosnabzhenie-i-ochistka-vody/otstojniki-v-ochistnyh-sistemah-m-ivan> (дата обращения: 20.01.2020).

8 Луканин, А. В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков: учеб. пособие / А. В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2018. — 605 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа: <https://new.znaniium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org / 10.12737/22139](http://www.dx.doi.org/10.12737/22139). - ISBN 978-5-16-104926-6. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/924677> (дата обращения: 14.05.2020).

9 Малкин В.С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта: электронное учеб. пособие/ В.С.Малкин . –Тольятти: Изд-во ТГУ,2016. -оптический диск.

10 Москвичева Е.В. К вопросу об очистке сточных вод от эмульгированных нефтепродуктов / Е. В. Москвичева, П. А. Сидякин, Д. В. Щитов, З. К. Ибрагимова, А. А. Запорощенко, О. Е. Николова, А. С. Сегень // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». - 2016. - № 1 (20). - С. 47-54.

11 Обуздина, М. В. Очистка сточных вод: процессы очистки сточных вод от нефтепродуктов с использованием модифицированных цеолитов: монография / М. В. Обуздина, Е. А. Руш. - Германия: LAP LAMBERT Acad. Publ., 2013. - 212 с. - ISBN 978-3-659-49724-7. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1070256> (дата обращения: 06.04.2020).

12 Очистка сточных вод в напорных гидроциклонах: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение». /Сост.: А.Б. Адельшин, А.С. Селюгин, А.В. Бусарев. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2013. – 13 с.

13 Пат. 2643963 Российская Федерация, МПК В01J 20/16 Способ получения природного сорбента для очистки воды в системе хозяйственно-питьевого водоснабжения/ Малькова В. Н.: заявители и патентообладатели

Малькова В. Н. – № 2016111977; заявл. 20.07.2016; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 3 – с7.

14 Пат. 2010008 Российская Федерация, МПК C02F1/28 /Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов Алексеев М.И., Светашова Е.С., Панов С.Н.: заявители и патентообладатели Санкт-Петербургский инженерно-строительный институт № 1992-05-19; заявл. 19.05.1992; опубл. 30.03.1994, Бюл. № 29- с5.

15 Пат. 2523802 Российская Федерация, МПК C02F 9/02 (2006.01) Система водооборотного водоснабжения для мойки автомашин/ Кочетов О. С., Стареева М. О., Стареева М. М.: заявители и патентообладатели Кочетов О. С., Стареева М. О., Стареева М. М. – № 2012152892/05; заявл. 10.12.2012; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21 – с10.

16 Пат. № 170906 Российская Федерация, МПК B04C 5/00 Устройство для очистки воды от загрязнений / Малкин В.С.: Малкин Владимир Сергеевич - № 2019110662 /05; заявл. 21.11.2016; опубл. 15.05.2017, Бюл. № 25 – с 5.

17 Пат. 2712571 Российская Федерация, МПК C02F 9/02 Система оборотного водоснабжения для автотранспортных предприятий /Москвичева Е.В, Радченко О.П., Клочков Д.П.: заявители и патентообладатели Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный технический университет" (ВолгГТУ) – № 2019110662 /05; заявл. 09.04.2019; опубл. 29.01.2020, Бюл. № 4 – с 14.

18 Пат. 2523802 Российская Федерация, МПК C02F 9/02 (2006.01) Система оборотного водоснабжения для мойки автомашин/ Кочетов О. С., Стареева М. О., Стареева М. М.: заявители и патентообладатели Кочетов О. С., Стареева М. О., Стареева М. М. – № 2012152892/05; заявл. 10.12.2012; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21 – с 10.

19 Пат. 2165308 Российская Федерация, МПК B04C5/00 Гидроциклон очиститель-смеситель/Карев Е.А., Шабалин В.С.,Фадеев Р.Л.,Хузахметов

Ф.В.:заявитель и патентообладатель Ульяновский государственный технический университет. – № 2000131736/09; заявл. 31.03.2000; опубл. 20.04.2001, Бюл. № 20. – 8 с.

20 Пат.2085518С1 Российская Федерация, МПК С02F 9/02 Способ глубокой очистки сточных вод от тяжелых металлов/ Величко В.В., Емельянов В.И., Пирогова Ю.И., Большаков О.А., Поворов А.А., Ерохина Л.В., Павлова В.Ф. Петров Е.Г.: заявитель и патентообладатель Научно-производственное предприятие "Мембранная технология". – № 2000131736/09; заявл. 05.10.1995; опубл. 27.07.1997, Бюл. № 31. – 14 с.

21 Полуляхова Н.Н., Боковикова Т.Н., Марченко Л.А. Регенерация адсорбентов от ионов свинца после сорбционной доочистка сточных вод // Успехи современного естествознания. – 2003. – № 10. – с. 41-41. URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=15060> (дата обращения: 11.04.2020).

22 Прожорина Т.И., Мокеева В.В., Дворникова В.С. Исследование возможности внедрения оборотной системы водоснабжения на автомойках г.Воронежа Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, 2015, № 1 с.61-65.

23 Промышленный адсорбент ГЛИН – фильтрующий материал для комплексной очистки воды [Электронный ресурс].URL: <http://kvantmineral.com/filtruyushhij-material> (дата обращения: 11.04.2020).

24 Рекомендации по устройству пунктов мойки (очистки) колес автотранспорта на строительной площадке. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/529261/#i156782 (дата обращения: 12.01.2020).

25 Сакулин А. С. Комплексные технологические решения очистки нефтесодержащих стоков // Сборник докладов седьмой конференции «Вода в промышленности -2016» [Электронный ресурс] - URL: http://www.intecheco.ru/doc/sb_voda2016.pdf (дата обращения: 02.12.2019).

26 Сергеев В.В., Папурин Н.М. Новые технологии очистки оборотных вод автотранспортных моек журнал Экология производства №9,2008 с.60-62.

27 Сибаров Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102250> (дата обращения: 12.04.2020).

28 СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

29 СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

30 Справочное пособие к СНиП Проектирование сооружений сточных вод. «Стройиздат», 1990. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850580.pdf> (дата обращения: 15.01.2020).

31 Студёнов И.И., Н. А. Шилова Н.А. Расчет гидравлической крупности взвеси при моделировании динамики концентрации взвешенных веществ в приустьевых районах арктических морей на примере Белого моря Арктика: экология и экономика № 3 (19), 2015 с.40-47. URL: [http://www.ibrae.ac.ru/docs/3\(19\)/040_047_Arktica_3\(19\)_09_2015.pdf](http://www.ibrae.ac.ru/docs/3(19)/040_047_Arktica_3(19)_09_2015.pdf) (дата обращения: 02.03.2020).

32 Тимофеева, С. С. Промышленная экология. Практикум: учебное пособие / С.С. Тимофеева, О.В. Тюкалова. — Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2020. — 128 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-102505-5. - Текст: электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/1088218> (дата обращения: 05.04.2020).

33 Физико-химические основы процессов очистки воды: учебное пособие / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, И. Н. Липунов [и др.]. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 164 с. — ISBN 978-5-7996-1618-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/68500.html> (дата обращения: 05.04.2020).

34 Фомин А. А. Обработка сточных вод для повторного использования / А. А. Фомин, О. М. Ковалева. – Москва: НПК Медиана – Фильтр, 2012. – с. 55-57.

35 Целиков С. Топ -25, где живут автомобили [Электронный ресурс] <https://www.autostat.ru/news/39822> URL.: (дата обращения: 20.02.2020).

36 Шаламаев А.М., Елисеев И.В. Использование дождевой воды в системах технического водоснабжения предприятий по обслуживанию автомобилей // Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в 21 веке Тюмень, 22 марта 2019г.- Изд-во Тюменский индустриальный университет (Тюмень),2019. - с. 285-289.

37 Шибаев, С. Ю. Проблемы длительной защиты железобетонных конструкций очистных сооружений / С. Ю. Шибаев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 10. – С. 78-79.

38 А. В. Юровский, Г. Н. Лукашева Анализ технических решений в технологиях очистки сточных вод автомобильных моек // научный журнал Теоретические и прикладные проблемы сервиса №2 (31) 2009 URL.: URL <http://www.nitu.ru/tpps/2009-2.pdf> (дата обращения: 20.02.2020).

39 Jimenez .S, Mico M., Arnaldos M. , Medina F. , Contreras S., State of the art of produced water treatment State of the art of produced water treatment//Chemosphere,2018 Volume 192,February 2018, pp 186-208.

40 Lakherwal D, Adsorption of heavy metals: a review//International journal of environmental research and development, 2014. Volume 4, Number 1 (2014), pp. 41-48.

41 Zhu Guofeng, Liow Jong-Leng, Experimental study of particle separation and the fish-hook effect in a mini-hydrocyclone // Chemical Engineering Science. 2014. Vol. 111. pp. 94-105.