ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА

На правах рукописи

УДК 628.5:629.336

АБУ САФИЯ МУХАММЕД МАХМУД

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОЙКИ

05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов»

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Шинибаев А.Д

Бишкек - 2012

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 6

Глава 1. Современное состояние анализа очистки от нефтесодержащих сточных вод 12

1.1 Характеристика нефтесодержащих сточных вод и нефтепродуктов 12

1.2 Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод ……18

1.3 Метод коалесценции для очистки нефтесодержащих сточных вод……25

1.3.1 Установки и устройства с коалесцирующими материалами 31

1.5 Заключение по первой главе 54

Глава 2. Моделирование процессов очистки нефтесодержащих сточных вод предприятий на коалесцирующих фильтрах 56

2.1 Основные задачи моделирования 56

2.2 Критериальное моделирование экспериментальных исследований 57

2.3 Моделирование работы коалесцирующих фильтров в условиях производства 61

2.4 Заключение по второй главе 67

Глава 3. Экспериментальные исследования процесса очистки нефтесодержащих сточных вод на коалесцирующих фильтрах **68**

3.1 Сооружения по очистке нефтесодержащих сточных вод автомобильного предприятия НПК ТОО «Автотранспорт» 68

3.2 Описание экспериментальной установки 72

3.3 Методика исследований 75

3.4 Результаты экспериментальных исследований 78

3.4.1 Исследование влияния направления потока нефтесодержащих сточных вод при фильтровании по нефтепродуктам 79

3.4.2 Исследование влияния скорости фильтрования нефтесодержащих сточных вод по нефтепродуктам 82

3.4.3 Совершенствование работы коалесцирующих фильтров при очистке

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

нефтесодержащих сточных вод .....
3.4.4 Исследование влияния различных параметров процесса фильтрования на содержание взвешенных веществ 113
3.5 Статистическая обработка и математический анализ результатов экспериментальных исследований 121
3.5.1 Математический анализ результатов исследований 122
3.6. Заключение по третьей главе 124

Глава 4. Разработка технологической схемы очистки нефтесодержащих и технико-экономическая оценка 127
4.1 Разработка технологической схемы очистки нефтесодержащих сточных вод автомобильного предприятия НПК ТОО «Автотранспорт» 127
4.1.1 Установка для очистки сточных вод (авторское свидетельство № 52682) 129
4.2 Расчет локальных очистных сооружений 133
4.3 Технико-экономические показатели схем очистки нефтесодержащих сточных вод 137
4.4 Заключение по четвертой главе 138
Выводы 139
Список использованной литературы 141
Приложение 1 156
Приложение 2 159

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Определения, обозначения и сокращения

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями, обозначениями и сокращениями:

Сточные воды – стоки бытовые, производственные и атмосферные, содержащие множество неорганических и органических компонентов.

Производственные сточные воды – использованные в технологическом процессе производства или получающиеся при добыче полезных ископаемых (руд, угля, нефти и т.п.).

Коагуляция – слипание частиц коллоидной системы при их столкновениях в процессе теплового движения, перемешивания или направленного перемещения во внешнем силовом поле.

Напорный гидроциклон – устройство для выделения из производственных сточных вод грубодисперсных примесей минерального происхождения.

Огнеупоры – материалы и изделия, способные противостоять высокой температуре (от 1550°С и выше), воздействию шлаков и нагрузке при высоких температурах.

Обезвоживание – процесс снижения влажности осадков производственных сточных вод.

Смешанная система производственного водоснабжения – снабжение производственных цехов предприятия приточной или оборотной системой водоснабжения.

Отвал – складирование минерального осадка на свободных территориях.

Фильтрпресс – устройство для отжима осадка механическим путем при помощи эластичной диафрагмы.

НСВ –нефтесодержащие сточные воды.

БПК – биологическая потребность в кислороде.

$БПК_{полн}$ – характеризует то количество кислорода, которое должно быть израсходовано водоемом на биохимические процессы окисления внесенных загрязнений.

pH – нейтральная концентрация водородных ионов.

t – продолжительность фильтрации.

R – сопротивление фильтрующей перегородки.

q – количество фильтрата, прошедшего через единицу площади фильтрующей перегородки.

P – давление фильтрации.

V – объем фильтрата.

$W_{доб}$ – количество воды, добавляемое в систему.

$Щ_{доб}$ – щелочность добавочной воды.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ВВЕДЕНИЕ

В «Концепции экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы» предусмотрены основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды, и одной из главных задач экологической безопасности намечено предупреждение загрязнения и истощения водных ресурсов страны. При этом большое внимание уделяется внедрению новых схем и технологий по очистке сточных вод промышленных предприятий.

Актуальность проблемы. Охрана природных водных ресурсов от загрязнения и истощения, их рациональное использование с постоянным внедрением новых достижений науки и техники являются актуальными и необходимыми мерами в сфере использования водных ресурсов, как в настоящее время, так и в будущем. Проблемы загрязнения водных источников нефтепродуктами в последнее время приобретают особую актуальность в связи с тем, что нефтепродукты в виде топлива, смазочных материалов и рабочих жидкостей широко применяются почти во всех отраслях производства, ремонта и эксплуатации различных видов автомобильной и строительной техники. Загрязнения нефтепродуктами водоемов являются очень стойкими, они распространяются на очень большие расстояния, создавая локальные и региональные загрязнения, нарушая нормальный ход биологических процессов в водоемах. В связи с этим, в современных условиях все более ужесточаются требования нормативных актов и документов к содержанию нефтепродуктов в сточных водах автопредприятий (автомоек), сбрасываемых после их очистки в различные водные объекты. Одновременно возрастают требования к содержанию нефтепродуктов в сточных водах, сбрасываемых предприятиями в коммунальные водоотводящие сети населенных пунктов.

С этой целью проводятся исследования по интенсификации работы очистных сооружений автотранспортных предприятий, шире внедряются на них замкнутые технологические схемы оборотного водоснабжения. В этой связи возрастает актуальность разработки новых эффективных

технологических схем оборотного водоснабжения предприятий автомобильного транспорта (гаражи, автомойки и т.д).

Данная диссертационная работа посвящена изучению технологических параметров процесса очистки нефтесодержащих сточных вод далее - НСВ предприятий автотранспорта путем использования коалесцирующих фильтров с полимерной зернистой загрузкой с целью устройства технологической схемы оборотного водоснабжения.

Внедрение подобных схем очистки позволяют резко уменьшить объем потребляемой водопроводной воды на автотранспортных предприятиях и свести к минимуму сброс очищенных сточных вод в коммунальные водоотводящие сети населенных пунктов.

Объект исследования. Характеристика и особенности очистки нефтесодержащих производственных сточных вод пункта мойки легковых автомашин на коалесцирующих фильтрах, на базе локальных очистных сооружений (ЛОС) научно-производственного комплекса «Автотранс» г. Алматы.

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР КазНТУ им. К.И. Сатпаева направленного на разработку новых технологических схем очистки сточных вод и создания строительных систем охраны водных ресурсов.

Цель диссертационной работы: Разработка технологической схемы оборотного водоснабжения предприятий автомобильного транспорта, исключающей сброс очищенных сточных вод в водоотводящие сети населенного пункта.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

- проведение анализа современного состояния автотранспортных предприятий и осуществление обоснования технологической схемы очистки нефтесодержащих сточных вод (НСВ) предприятий автомобильного транспорта с применением коалесцирующих фильтров;

- разработка критериальной модели технологического процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах;

- исследование зависимости эффекта очистки по нефтепродуктам и взвешенным веществам от различных технологических параметров процесса фильтрования НСВ;

- определение оптимальных технологических параметров процесса фильтрования на коалесцирующих фильтрах для очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта;

- разработка технологической схемы оборотного водоснабжения предприятий автомобильного транспорта.

Для достижения поставленных задач были использованы следующие методики:

- определение физико-химических показателей качественного состава сточных вод (НСВ);

- элементы физическо-критериального моделирования;

- методика лабораторно-экспериментальных исследований по тонкослойному отстаиванию и фильтрованию НСВ через коалесцирующий фильтрующий материал.

Научная новизна работы:

- разработана критериальная модель технологического процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах;

- определены и обоснованы оптимальные технологические параметры процесса фильтрования на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;

- установлена целесообразность применения коалесцирующих фильтров с загрузкой из гранулированного полипропилена для очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта;

- разработана технологическая схема очистки НСВ и схема оборотного водоснабжения пункта мойки легковых машин.

Научные положения выносимые на защиту:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по фильтрованию НСВ пункта мойки автомобилей на коалесцирующих фильтрах с

загрузкой из гранулированного полипропилена;

- критериальная модель процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;

- оптимальные технологические параметры работы коалесцирующих фильтров при очистке НСВ;

- технологические схемы локального очистного сооружения и оборотного водоснабжения пункта мойки автомобилей.

Практическая значимость работы. Исследованные и полученные научно-технические материалы позволяют реализовать результаты теоретических и натурных лабораторно-экспериментальных работ по фильтрованию НСВ на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена к использованию на предприятиях автомобильного транспорта.

Разработанные технологические схемы очистки НСВ и оборотного водоснабжения пунктов мойки легковых машин могут быть использованы инженерно-техническими работниками проектных и научно-исследовательских институтов и других организаций в проектировании новых, а также при реконструкции существующих локальных очистных сооружений по очистке нефтесодержащих сточных вод.

Практическая реализация результатов работы. Результаты исследований приняты к внедрению на предприятии научно-производственного комплекса «Автотранс» г. Алматы при разработке проекта реконструкции существующих локальных очистных сооружений по очистке нефтесодержащих сточных вод. Годовой экономический эффект от внедрения рекомендуемой технологической схемы очистки воды составляет 2175,34 тыс. тенге.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе.

Научные положения, выводы рекомендации подтверждаются результатами теоретических и практических исследований, а также и натурных лабораторно-экспериментальных работ по моделированию процессов очистки

нефтесодержащих сточных вод предприятий автомобильного транспорта коалесцирующих фильтрах.

Личный вклад соискателя:

- определены и обоснованы оптимальные технологические параметры процесса фильтрования на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;
- создана критериальная модель процесса фильтрования эмульгированных и взвешенных частиц через коалесцирующие фильтры;
- установлена целесообразность применения коалесцирующих фильтров с загрузкой из гранулированного полипропилена для очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта;
- разработана новая технологическая схема очистки НСВ и создания оборотного водоснабжения предприятий автомобильного транспорта.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждались и получили одобрение на Международной научно-практической конференции (Астана: Комитет жилищно-коммунального хозяйства, 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Интеллектуальная нация – конкурентоспособное государство» (Алматы: ЦАУ, 2011 г.), Международной научно-практической конференции КРСУ им. Б.Н. Ельцина «Архитектура, дизайн и строительство в условиях горных регионов Центральной Азии» (Бишкек, 2011 г.) и на ежегодных научно-технических конференциях КазНТУ им. К.И. Сатпаева (Алматы, 2008-2011 г.г.).

Опубликованные результаты исследований. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, составляющих содержание диссертационной работы освещены в 10 научных трудах, из которых 3 изложены в материалах Международных научно-практических конференций, 4 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОиН РК, получено одно авторское свидетельство №52682 от 19.01.2006 г. и опубликованы 4 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Кыргызской Республики.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав и выводов, которые изложены на 155 страницах компьютерного набора, иллюстрируется 72 рисунками и 34 таблицами и списка использованных источников из 161 наименований и 2 приложений.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ГЛАВА 1
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНАЛИЗА ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

1.1 Характеристика нефтесодержащих сточных вод и нефтепродуктов

Во всех отраслях автомобильного транспорта в процессах производства, ремонта и эксплуатации различных видов техники нефтепродукты - в виде топлива, смазочных и рабочих жидкостей применяются весьма широко. В настоящее время число химических элементов, поступающих в биосферу с нефтепродуктами, постоянно увеличивается, а в биохимическую науку введен термин «технофильность», показывающий отношение годичного производства в тоннах к его среднему содержанию в недрах земли. Наибольшей технофильностью из всех известных химических элементов обладает углерод и, в первую очередь, углерод нефти. Экологический дисбаланс и техногенные перегрузки биосферы в данное время вышеперечисленных компонентов продолжают резко увеличиваться [1, 2, 3].

Большое количество нефтесодержащих веществ попадает в водную среду. По различным источникам, общая масса нефтяных углеводородов, попадающих ежегодно в океан, оценивается в до 10 млн. тонн, из которого 31 % вносится реками, а 10 % попадает с городскими и промышленными сточными водами. В свою очередь в открытые источники водоснабжения (реки, водохранилища и др.) загрязнения попадают в результате хозяйственной деятельности многих предприятий с последующими сбросами недостаточно очищенных сточных вод. Поэтому в открытые источники водоснабжения, в том числе реки и городские стоки попадают почти такой же количество загрязнения, как и транспортирование нефти и нефтепродуктов. Регулярные загрязнение водоемов нефтепродуктами является очень стойким и распространяется на большие

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

расстояния, создавая частичные и региональные загрязнения, при этом нарушают нормальный ход биологических процессов в водоемах.

В результате антропогенной деятельности нефтепродукты, нефтесодержащие сточные воды и ее переработки попадающие в открытые водные источники, распространяются, прежде всего, в поверхностных слоях воды, образуя тонкую пленку, которые дополнительно влияют на флору и фауну водной среды. Наряду с процессами растекания, нефтепродукты в природной водной среде подвергаются действию других физических процессов – испарению, растворению, эмульгированию, оседанию [4,5]. Необходимо отметить, что растворение нефтяных загрязнителей является важным экологическим фактором. Нефть и ее переработки оседая на дно водоемов происходит вследствие образования соединений, плотность которых превышает плотность воды, при этом тяжелые фракции углеводородов включаются в состав донных отложений.

Даже небольшое содержание нефти и нефтепродуктов отрицательно сказывается на флоре и фауне водных объектов. Необходимо отметить, что нефтяные загрязнители оказывают токсичное воздействие, уже в первые часы пребывания в воде на кормовые объекты рыбы, при этом в наибольшей степени присутствие нефтепродуктов влияет на физические и органолептические показатели качества воды. Как показывают исследования, что мясо рыбы приобретает привкус нефти при следующих концентрациях нефтепродуктов в воде: 0,5 мг/дм^3 через 1 сутки; 0,2 мг/дм^3 через 3 суток; 0,1 мг/дм^3 через 10 суток. Концентрации нефтепродуктов, способные вызвать изменения органолептических свойств воды (запах, привкус), значительно меньше концентраций, токсичных для фауны и флоры поверхностных водных источников.

Нефтесодержащие сточные воды (НСВ) и нефтепродукты содержатся в различных количествах, поведение которых в воде определяется их происхождением, видом и сортом. Нефтепродукты представляет собой очень сложную смесь органических соединений переменного состава, основную часть

которой образуют парафины и нафтены – углеводороды предельного р. Наряду с ними в состав нефти входят различные смолы, асфальтены и сера.

Автомобильное, дизельное и реактивное горючее, котельное топливо (мазуты) и смазочные материалы получают в результате промышленной переработки природной нефти. Стандартные сорта моторных горючих – это смеси из нескольких составных частей, которая входит в состав в наибольшем количестве, называется базовым топливом. Для моторных горючих в качестве товарных топлив используются следующие продукты различных процессов переработки нефти: бензины, лигроины, керосины и газойли. Для повышения антидетонационных и физико-химических свойств, например, бензинов к ним в качестве компонентов до 35% добавляют парафиновые углеводороды, ароматические углеводороды и кислородсодержащие соединения. Дизельное топливо представляет собой смесь керосиновых, газойлевых и соляровых фракций крекинга нефти. Реактивное горючее является продуктом типа керосина. Остаточные продукты переработки нефти (мазуты) используются как котельное топливо.

Из проведенного анализа проведенных работ видно, что в НСВ различных производств в качестве загрязнений присутствует сложная смесь нефтепродуктов переменного состава и разнообразных физико-химических свойств.

За «нефтепродукты» при анализе вод следует принимать сумму неполярных и малополярных соединений, растворимых в гексане, т.е. по существу сумму углеводородов (алифатических, алициклических, ароматических) [6]. Углеводороды - состава C_xH_y различаются своей полярностью, растворимостью в воде, большей или меньшей реакционностью по отношению к серной кислоте и, следовательно, большей или меньшей титруемостью при определении химической потребности в кислороде (ХПК).

Стандартные нормы предельно допустимой концентрации нефтепродуктов в воде водоемов (0,3-0,05 мг/дм^3) были введены в результате исследований растворов различных нефтепродуктов и сырой нефти в воде и, следовательно,

относятся именно к тем веществам, которые охватываются указанным определением «нефтепродуктов».

Существуют три метода определения нефтепродуктов – гравиметрический, ИК-спект-рометрический и газохроматографический, которые дают при правильном соблюдении всех условий одинаково точные результаты и поэтому приняты в качестве арбитражных. Другие методы являются менее точными и требуют периодической сверки получаемых результатов с результатами определения арбитражными методами и введения соответствующей поправки.

Существенными особенностями, определяющими поведение нефтепродуктов в воде, являются их меньшая плотность по сравнению с плотностью воды и низкая растворимость.

Углеводороды по отношению к воде можно разбить на четыре группы, как приведено в табл. 1.1. Из анализа данных табл. 1 видно, что почти нулевая растворимость – у парафиновых углеводородов, и значительная – у ароматических [7,158]. В табл. 1.2 показаны данные по предельной растворимости углеводородов.

Таблица 1.1 – Группы углеводородов

Группа	Вид углеводородов	Реактивность к H_2SO_4	Растворимость в воде
I	Парафиновые $C_nH_{2n}+2$	Малая	нерастворимы
II	Циклопарафиновые C_nH_{2n}	довольно малая	почти нерастворимы
III	Олефиновые, циклоолефиновые	Реактивны	мало растворимы
IV	Ароматические	очень реактивны	очень хорошо растворимы

Нефть и продукты, попавшие в воду, в основной своей массе находятся в грубодисперсном состоянии, в тонкодиспергированном состоянии и в растворенном виде. Эмульсией называется система, состоящая из двух взаимонерастворимых жидкостей, одна из которых диспергирована в виде мельчайших капелек в другой.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

Таблица 1.2 – Предельная растворимость углеводородов

Вид углеводородов	Растворимость, мг/дм^3	Вид углеводородов	Растворимость, мг/дм^3
Парафины:		Олефиновые:	
Изопентан	48,0	Этен	131
н-гексан	9,5	Пропен	200
триметилпентан-2,2,4	2,5	гексен-1	50
н-октан	0,7	Ароматические:	
Циклопарафины:		Бензол	1780
Циклопентан	156,0	Толуол	515
Циклогексан	55,0	*о*-ксилол	175
Циклооктан	7,9	этилбензол	152

Эмульсии в НСВ образуются при сильно турбулизованном движении жидкости в канализационной сети, обмыве поверхностей оборудования и производственных площадей струями воды и пара, перекачке сточных вод центробежными насосами. Образовавшаяся эмульсия является весьма устойчивой системой, не разрушающейся в течение длительного времени. На рис. 1.1 дана характеристика дисперсного состава мазутной эмульсии после двухчасового отстаивания.

При выборе метода очистки НСВ учитывают четыре следующих состояния нефтепродуктов в воде:

- «свободные» углеводороды;
- механические эмульсии;
- химические эмульсии;
- углеводороды в растворе.

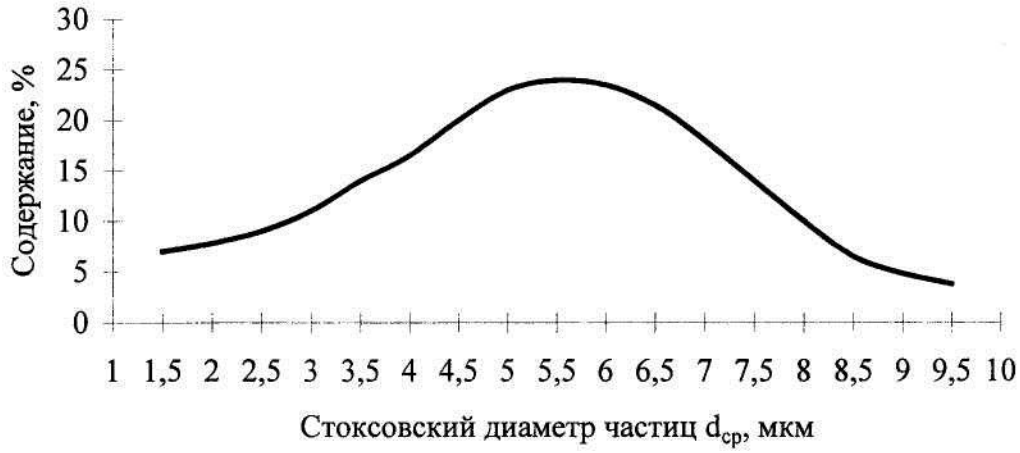


Рис. 1.1. Дисперсный состав мазутной эмульсии.

Свободные углеводороды плавают на поверхности воды. Углеводороды в виде механической эмульсии называемой «первичной», если размер капель равен нескольким десяткам микрометров; углеводороды в виде химической эмульсии, называемой «вторичной», с субмикронным размером частиц, могут оставаться в таком состоянии неопределенно долгое время. В химических эмульсиях присутствие третьей примеси (мыло, сода, Na, детергенты). В виде молекулярных растворов присутствуют в воде углеводороды типа ароматических.

Концентрации нефтепродуктов в сточных водах весьма разнообразны в зависимости от источника образования сточных вод. В практике очистки таких стоков концентрации нефтепродуктов встречаются в пределах от 30 до 900000 мг/дм^3 – в сточных водах от технологических процессов переработки и использования нефти; от 10 до 1500 мг/дм^3 – в талых и дождевых водах. Наряду с нефтепродуктами НСВ содержат, как правило, взвешенные вещества от 50 до 4000 мг/дм^3), также, они могут содержать фенолы, сероводород, аммонийный азот. Такие воды имеют нейтральную или слабощелочную среду (pH = 7,2-9,0).

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

1.2 Анализ методов очистки нефтесодержащих сточных вод

В данном подразделе рассмотрены главным образом методы очистки НСВ от нефтепродуктов. Устранение примесей, специфичных для сточных вод от отдельных производств, таких, как фенолы, сероводород, азот аммонийный, не рассматривалось. Здесь уделено большое внимание удалению взвешенных веществ как сопутствующего загрязнения рассматриваемых стоков.

Имеется достаточно большое количество разнообразных методов очистки воды от нефтепродуктов. Существующие методы в современной практике очистки НСВ можно разделить на следующие основные группы:

- механические;
- физико-химические и химические;
- биологические (биохимические).

При механической очистке из воды удаляются «свободные» углеводороды и большая часть механических эмульсий, при физико-химической очистке отделяются остатки механических эмульсий и всех углеводородов в виде химической эмульсии, а при биологической очистке удаляется биоразлагаемая фракция углеводородов. Углеводороды, растворимые, но биологически не разлагаемые, являются объектом не часто применяемой, но эффективной обработки.

Таким образом, выбор и применение сооружений с использованием того или иного метода очистки зависит в первую очередь от качества и количества сточных вод и от требований к очищенной воде, а также от специфики производства и местных условий.

Группа механических методов включает в себя отделение нефтепродуктов от воды путем отстаивания или фильтрования (процеживания), а также очистку в центробежном поле сил (на гидроциклонах). При этом удаляются нефтепродукты, находящиеся в воде в грубодиспергированном (капельном) и тонкодиспергированном (эмульгированном) состоянии. Отстойники и гидроциклоны используют на предварительных ступенях очистки воды, а

фильтрование является способом доочистки сточных вод. В предварительном отстаивании удаляются загрязнения в суспензиях: гранулированные взвеси – песок, глины, мелкий гравий; углеводороды поверхностных пленок в каплях от 100 до 200 мкм. Отстаивание является наиболее простым и дешевым технологическим способом выделения дисперсных примесей из воды. В основе его лежит процесс разделения в поле гравитационных сил в условиях покоя или, чаще всего, медленно движущегося потока жидкости. При этом частицы с плотностью, большей плотности воды, осаждаются, а частицы с меньшей плотностью – всплывают.

В практике очистки сточных вод от нефтепродуктов широко распространены отстойные сооружения – нефтеловушки. Они применяются, как правило, при концентрации нефтепродуктов в сточных водах более 100 мг/дм^3 для удаления основной их массы в грубодиспергированном (капельном) и некоторой части в эмульгированном состоянии. По конструктивному исполнению, в зависимости от направления движения воды, нефтеловушки представляют собой модификации горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойников [3,8–11], дополнительно оборудованных устройствами для сбора и удаления всплывающих нефтепродуктов. Совершенствование конструкций нефтеловушек происходит в основном в направлении улучшения конструкций водораспределительных и водосборных устройств, механизмов улавливания нефти и удаления осадка, а также применения тонкослойных многоярусных модулей с целью повышения эффективности процессов осветления воды [12–15].

Одним из наиболее эффективных и распространенных способов интенсификации работы нефтеловушек является использование в них процесса тонкослойного отстаивания. Применение тонкослойных многоярусных сооружений отстаивания позволяет повысить коэффициент использования объема этих сооружений, приводит к увеличению эффективности нефтеулавливания при той же пропускной способности и сокращению продолжительности процессов очистки нефтесодержащих сточных вод. В

отечественных и зарубежных конструкциях тонкослойных многоярусных нефтеловушек и отстойников, предназначенных для очистки сточных вод нефтепромыслов, нефтебаз, аэродромов, нефтеперерабатывающих заводов, предприятий по эксплуатации автомобильного транспорта [12, 14, 19, 20, 21], применяют перекрестную или противоточную схему движения воды и всплывающей нефти при углах наклона блоков к горизонтали 45-75° и расстоянии между ними 20-100 мм в зависимости от вязкости нефтепродуктов и их концентрации в сточной воде [3, 12, 14, 19, 22]. Для трубчатых блоков диаметр труб принимается 50-100 мм. Многочисленные исследования с целью совершенствования работы отстойных сооружений с тонкослойными элементами проводятся в направлении поиска оптимальных материалов для изготовления ярусных блоков, их формы, размещения в сооружении, а также создании требуемого гидродинамического режима движения воды и примесей в зоне отстаивания [14, 23, 154,].

В качестве материала для изготовления тонкослойных элементов широкое применение нашли сталь, алюминий и олеофильные материалы. Одним из основных требований, предъявляемых к материалу для изготовления пластинчатых блоков, является его устойчивость к нефтепродуктам; другим важным требованием является отсутствие прогиба более 5 мм при использовании пластин для перекрестной схемы.

Для очистки сточных вод в центробежном поле сил наиболее широкое применение получили напорный, открытый и многоярусный гидроциклоны [12, 30, 31]. Исходная вода поступает в гидроциклон через тангенциальный ввод, обеспечивающий вращательное движение потоку.

Для очистки НСВ также получили распространение некоторые конструкции открытых гидроциклонов. Открытый гидроциклон без внутренних вставок предназначен для очистки воды от загрязнений с гидравлической крупностью 5 мм/с и более. Для очистки воды от загрязнений, гидравлическая крупность которых менее 5 мм/с, рекомендуются гидроциклоны с внутренними вставками. Многоярусные гидроциклоны сконструированы по принципу

тонкослойного отстойника. Гидроциклоны, в которых предусмотрено выделение нефтепродуктов и масел, получили название трехпродуктовых [32–35].

Напорные гидроциклоны характеризуются высокой удельной производительностью, компактностью, высокой разделяющей способностью (число Фруда до 5000), просты в обслуживании. Основным направлением использования напорных гидроциклонов является выделение тяжелых механических примесей и крупнодиспергированной нефти. При исследовании работы напорных гидроциклонов установлено их положительное влияние на эффективность работы последующих сооружений [36–38]. Так, эффективность работы отстойников по задержанию механических примесей и нефтепродуктов после предварительной обработки воды в гидроциклонах повышается на 30%.

К группе механических методов очистки также относится фильтрование. Сила прилипания частиц нефтепродуктов к поверхности загрузки фильтра пропорциональна поверхностному натяжению на границе «нефтепродукты – вода» и размерам улавливаемых частиц. Фильтрование, как правило, применяют для задержания тонкодиспергированных (эмульгированных) нефтепродуктов, а также взвешенных веществ, оставшихся в сточной воде после предварительной механической очистки (например, отстаивания).

Традиционными для очистки сточных вод являются фильтры с песчаной и антрацитовой загрузкой. Исследования фильтров с такой загрузкой при очистке НСВ начали проводиться еще в 50-х годах [39]. В исследованиях фильтров большое внимание уделяется поискам новых загрузочных материалов. При этом основными требованиями к зернистым загрузкам являются механическая устойчивость к истиранию и измельчению и сорбционно-адгезионные свойства к загрязнениям. С этой точки зрения эффективной является загрузка с развитой поверхностью. Наибольшую удельную поверхность имеют загрузки, получаемые дроблением: горелые породы, дробленый кварц, дробленый антрацит, мраморная крошка, дробленый керамзит, шунгизит, вулканические шлаки, литейный кокс, цеолиты [40–44]. Сложность в эксплуатации фильтров

вообще и зернистых в частности представляет необходимость периодической промывки (регенерации) загрузки. Основные пути в решении этой проблемы – использование промывной воды более высокой температуры; использование при промывке сжатого воздуха для улучшения условий отделения нефтепродуктов от зерен и экономии воды; использование пара и химических реагентов (негидролизуемых водорастворимых соединений, полиэлектролитов, растворов соляной, серной, лимонной кислот); использование ультразвука [12, 14, 45, 46].

Для очистки НСВ применяют также фильтры с плавающими полимерными фильтрующими материалами. Наиболее полно исследованы и часто применяются в качестве загрузки пенополистирол, пенополиуретан, нитрон, капрон и др. [3, 12, 13, 14, 47, 48]. Впервые такие фильтры (пенополистирольные) были исследованы и предложены В.Г. Ильиным [49]. Основные преимущества таких фильтров – отсутствие сложной дренажной системы и большая механическая прочность загрузки (по сравнению с зернистой) вследствие малой объемной массы. Кроме этого, отжимаемые загрузки (пенополиуретан) отличаются отсутствием промывных вод (регенерация производится отжимом) [50–52]. Промывка пенополистирола представляет собой определенную сложность: для создания больших касательных напряжений необходима высокая интенсивность промывки (до 50 л/с·м^2), поэтому рекомендуется производить промывку методом гидроперезагрузки загрязненного пенополистирола из фильтра в фильтр с созданием скорости движения в трубопроводе около 2,5 м/с [53, 54, 155].

Найболее распространенным и широко применяемым физико-химическим методом в практике очистки НСВ является флотация. Это обусловлено, прежде всего, гидрофобностью основных удаляемых загрязнений – нефтепродуктов, так как при флотации пузырьки газа взаимодействуют только с гидрофобными поверхностями других дисперсных примесей [55]. Эффективность импеллерной и пневматической флотации может быть повышена путем совершенствования системы подвода и диспергирования воздуха с целью получения более мелких

газовых пузырьков. В случае пневматической флотации повышение эффективности сооружений достигается также совершенствованием узла насыщения воды воздухом, а также системой распределения подаваемых воды и воздуха по всему объему флотаторов [56–60].

Наибольшее распространение для очистки НСВ как в отечественной, так и в зарубежной практике получили установки напорной флотации [12, 13, 14, 61–66]. Напорная флотация осуществляется в практике водоочистки в горизонтальных, вертикальных, радиальных и колонных флотаторах. Полнота использования объема сооружения может быть увеличена при внесении конструктивных изменений в узлы распределения и сбора очищаемой воды, а также распределения водовоздушной смеси [14, 67–74]. Кроме этого, повысить пропускную способность действующих флотаторов возможно путем установки в них блоков тонкослойного разделения [12–14].

Для повышения эффективности работы напорных флотаторов в очищаемые сточные воды вводят реагенты: коагулянты или флокулянты. При этом можно достичь конечного содержания нефтепродуктов в пределах 15-25 мг/дм^3. В качестве реагентов при флотации наряду с традиционными исследуются и применяются высокомолекулярные катионные флокулянты и коагулянты [75–79,80,81].

Для очистки сильноэмульгированных НСВ применяют также электрофлотацию [12–14, 23, 82, 83]. Содержание нефтепродуктов снижается до 25 мг/дм^3; при этом концентрация нефтепродуктов в исходной воде может достигать от 2000 до 3000 мг/дм^3.

К физико-химическим методам очистки НСВ относится также их коагуляция и флокуляция с последующим отстаиванием. В качестве коагулянтов известно применение солей одно- и многовалентных металлов: сульфат алюминия, алюминат натрия, хлорид железа, железный купорос, коагулянт АВР [3, 12, 13, 84–85]. Коагуляцией могут удаляться не только коллоидные, но и частично растворенные загрязнения. Это важное свойство коагулянтов расширяет практическую ценность метода. В практике очистки

НСВ минеральные коагулянты заменяют высокомолекулярными флокулянтами органического и неорганического происхождения или же сочетают коагулянт и флокулянт [12–14, 86–90].

В данное время известны и широко применяются электрохимические методы очистки сточных вод, описанные в работах [12–14, 77, 91–93]. В ряде случаев электрохимические методы успешно конкурируют с реагентными. Электрокоагуляцию применяют для удаления из сточных вод тонкодиспергированных примесей, например масел и нефтепродуктов, органических взвесей и т.д. Для удаления из воды истинно растворенных веществ этот метод не используют. Рекомендуется применять этот метод для очистки сточных вод, имеющих нейтральную или слабощелочную реакцию среды (pH 6–9). Поскольку для осуществления электрокоагуляции требуются значительные затраты электроэнергии и листовой металл, ее можно рекомендовать для локальных схем очистки небольших количеств сточных вод (30-50 $м^3$/ч). Данное время проводятся исследования и разрабатываются конструкции электрокоагуляционных аппаратов, в которых растворяющимся анодом служат металлические отходы производства: стружка, опилки. В данном случае создается возможность 100% использования металла электродов, выполненных из отходов, что позволит расширить область применения электрокоагуляции для очистки НСВ.

Сорбционная очистка, относящаяся к физико-химическим методам, является практически единственным методом, позволяющим очищать НСВ до любого требуемого уровня содержания нефтепродуктов, вплоть до предельно-допустимых концентраций, независимо от их химической устойчивости и без внесения в воду каких-либо вторичных загрязнений. Метод адсорбция может быть использована как метод доочистки, а также перед подачей НСВ на биологическую очистку для удаления бионеразлагаемых фракций, характеризуемых химической потребностью в кислороде. В современной практике очистки НСВ известны и применяются множество различных адсорбентов [89, 90, 94–101].

Существенный подход для интенсификации биологической очистки т (совместно или раздельно с городскими сточными водами) выражаются в комбинированных очистных сооружениях, позволяющих сократить материальные затраты на очистных станциях. Последнее время находят применение многофункциональные резервуары с последующим поступлением сточных вод на многоступенчатый каскад аэротенков с одним и тем же биоценозом активного ила. Методы интенсификации биологической очистки выражаются в повышении концентрации активного ила в зоне аэрации, применении тонкослойного или флотационного илоразделения, использовании технического кислорода для аэрации иловой смеси, сочетании химических методов с биологическими.

1.3 Метод коалесценции для очистки нефтесодержащих сточных вод

Коалесценция – необратимый процесс разрушения эмульсии, то есть системы «жидкость – жидкость» является одним из физических методов очистки сточных вод от нефтепродуктов. Метод коалесценции представляет собой процесс слияния капель нефтепродуктов, диспергированных в водных растворах, за счет избыточной поверхностной энергии частиц нефтепродуктов и их стремления к объединению. Эффективным является применение коалесценции при фильтровании эмульсии через фильтрующие загрузки, представленные гидрофобными материалами, то есть через гидрофобный фильтр. Такими материалами могут быть зернистые, гранулированные и волокнистые гидрофобные и олеофильные материалы.

При очистке нефтесодержащих сточных вод наиболее широкое применение нашли коалесцирующие фильтры с зернистой (гранулированной) загрузкой. В данном случае ускорение процесса коалесценции капель нефти достигается фильтрацией нефтяных эмульсий через твердые зернистые и волокнистые загрузки, материалы которых обладают коалесцирующими

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

свойствами. Коалесцирующие насадки разделяют на гидродинамические и контактные. В гидродинамических насадках частицы нефти под действием энергии турбулентных пульсаций фильтрационного потока контактируют друг с другом, сливаются и из насадки выходят более крупные. В контактных насадках процесс коалесценции главным образом основан на явлениях адгезии и смачивания нефтью при контакте ее с поверхностью материала насадки.

В работе установок по очистке сточных вод с коалесцирующими элементами первостепенную роль играют применяемые в качестве загрузки коалесцирующие материалы, свойства которых обуславливают технологические параметры работы указанных установок в целом.

Анализ проведенных работ показывает, что в существующих очистных установках применяют и предлагают применять следующие коалесцирующие материалы: целлюлозные волокна, стружку из нержавеющей стали, фарфор, гранулированный и волокнистый полипропилен, пенополиуретан, металлы и их окислы, стеклянные шарики, полиэтилен, гранулированный или волокнистый фторопласт, нейлон, стеклянные волокна, гранулоподобную серу, желтую серу, пемзу, соответствующим образом обработанный песок, гравий, фиброгласс, гранулированные полиэфирные смолы, полиуретан, гранулированный стирол, вспененный полистирол, глиноземистую фибру, торф, каменный уголь (антрацит), дробленный и недробленный специально обработанный керамзит, поливинилхлорид, полистирол и другие.

Все имеющее коалесцирующие материалы можно разделить на гранулированные, волокнистые и пористые, искусственного и естественного происхождения.

В настоящее время промышленностью освоен массовый выпуск различных видов гранулированных и волокнистых полимерных материалов на основе углеводородных соединений, обладающих хорошо выраженными гидрофобными свойствами.

При подборе того или иного коалесцирующего материала следует исходить из его доступности и стоимости в условиях эксплуатации очистных

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

сооружений, а также из соответствия выбранного материала требованиям, предъявляемым к ним. Поэтому к числу основных требований должны быть отнесены: фракционный состав загрузки; достаточная однородность размеров зерен или волокон; пористость и плотность; механическая прочность (истираемость, измельчаемость); химическая стойкость по отношению к фильтруемой среде (воде, нефти, нефтепродуктам); термостойкость; надлежащие адгезионные и электрокинетические свойства поверхности загрузки (гранул, волокон); гидравлические свойства (коэффициент формы, удельная поверхность) и др. Перечисленным требованиям в различной степени отвечают все вышеперечисленные коалесцирующие материалы. Однако в этом отношении следует отдать предпочтение коалесцирующим полимерным материалам, как гранулированным, так и волокнистым и пористым, которым свойственен высокий эффект коалесценции нефтяных глобул.

Из гранулированных, волокнистых и пористых полимерных материалов волокнистые и мелкозернистые гранулированные загрузки обладают более высоким эффектом коалесценции, но большая плотность их упаковки вызывает быстрое засорение загрузки и требует частой регенерации, что осложняет эксплуатацию.

Ниже для рекомендованных и наиболее часто применяемых в настоящее время коалесцирующих гранулированных полимерных материалов приводятся данные по тем их свойствам, которые представляют некоторый интерес с точки зрения коалесценции.

Полистирол общего назначения выпускается в виде порошка, в виде гранул размером 5×5 мм и 3×5 мм. Массовая доля остаточного мономера – в пределах 0,05-0,7%, доля воды – 0,1-0,3%, плотность 1050-1080 кг/м^3, насыпная масса 300-650 кг/м , твердость 14-15 кгс/см , водопоглощение за 24 часа при плюс 20°С составляет 0,2-0,3%, морозостойкость – минус 40°С, верхний предел рабочих температур плюс 65°С, обладает высокой механической и химической стойкостью.

Бисерный полистирол применяется для получения пенополистирола,

который в настоящее время рекомендован как коалесцирующий материал ярко выраженными гидрофобными свойствами [48, 102].

Имеются также вспенивающийся масло- и бензостойкий пенополистирол, сверхлегкий пенополистирол, самозатухающий пенополистирол с низким содержанием мономера стирола (≈0,05%), пенополистирол с улучшенной газофицируемостью.

Приготовление фильтрующей коалесцирующей загрузки из гранул пенополистирола заключается в механическом рассеве бисера и его вспенивании тепловой обработкой в заданном режиме. Можно вспенивать бисер без рассева, при этом необходимый фракционный состав материала получают путем его гидравлической сортировки [49].

Содержание открытых ячеек в пенополистироле различных марок колеблется в пределах 2-3%; водопоглощение зависит от технологии изготовления, содержания открытых и закрытых пор, размера гранул. Пенополистирол разрушается под действием эфиров, кетонов, хлорированных и ароматических углеводородов, набухает в бензине и маслах. Как конструктивный материал пенополистирол может применяться до температур плюс 60-75°С, а при более высоких температурах он ведет себя как нелинейное вязкоупругое тело, способное к необратимому течению; загорается быстро и сгорает полностью; обладает способностью электризоваться.

Научными исследованиями установлено [102, 103], что пенополистирол отвечает требованиям, предъявляемым к коалесцирующим фильтрующим материалам, и обладает высокоразвитой и шероховатой поверхностью частиц, высокой межзерновой пористостью, малой плотностью, высокой химической стойкостью по отношению к воде с кислой, щелочной и нейтральной реакцией, а механическая прочность (истираемость, измельчаемость) характеризуется нулевым показателем.

Структурные и поверхностные свойства пенополистирола изменяются в зависимости от концентрации нефти в эмульсии и температуры последней. При перемешивании пенополистирола в нефтесодержащей воде с одновременным

нагреванием до плюс 70°С и при концентрации нефти в ней от 100 до [illegible] мг/дм^3 резко заметных поверхностных изменений не наблюдается, а при температуре плюс 75°С и выше гранулы пенополистирола в нефти разрушаются.

Пенополистирол может быть рекомендован в качестве коалесцирующей загрузки при безнапорном режиме работы установок очистки НСВ. При напорном режиме пенополистирол разрушается в течение 30-ти часовой фильтрации.

По масштабу промышленного производства и разнообразию областей применения первые два места среди полиолефинов принадлежат соответственно полиэтилену и полипропилену. Это обусловлено как ценными техническими свойствами указанных полимеров, так и наличием дешевого и доступного нефтехимического сырья – этилена и пропилена [104]. Приготовление коалесцирующих загрузок различной фракции из полимеров может быть произведено на заводах предварительным рассевом гранул диаметром от 2,5 до 5,0 мм с применением обычных грохотов или механических пескосортировок мокрым рассевом и гидравлическим способом.

Для полимеров характерно старение, сопровождающееся изменением механических характеристик. Старение может вызываться как химическими процессами (в основном деструкцией), так и структурными перестройками (медленной кристаллизацией). Одним из проявлений старения является растрескивание полимерных материалов, т.е. появление на поверхности и в их объеме нарушений сплошности при незначительных внешних напряжениях или даже в ненагруженном состоянии. Растрескивание вызывается внутренними напряжениями, обусловленными структурной неоднородностью полимерных материалов и возникающими в процессе их получения и эксплуатации.

В зависимости от метода полимеризации получают полиэтилен высокого (низкой плотности ГОСТ 16337-77*), среднего и низкого давления (последний – высокой плотности по ГОСТ 16338-85*), которые отличаются молекулярной массой, плотностью, степенью кристалличности, разветвленностью

макромолекул и другими свойствами [105].

Полиэтилен низкого давления характеризуется высокой стойкостью к истиранию и растрескиванию в поверхностно-активных средах, износостойкостью и выпускается в виде гранул с насыпной объемной массой не менее 500 кг/м^3, а полиэтилен высокой плотности – с насыпной объемной массой 500-550 кг/м^3 [106].

Полиэтилен отличается хорошей химической стойкостью к действию большинства кислот, щелочей и растворителей, но вместе с тем характеризуется повышенной чувствительностью к окислению и старению. Поэтому в полиэтилен часто вводят стабилизаторы, которые замедляют процессы окисления и старения [105].

Научными исследованиями Казанского инженерно-строительного института установлены следующие параметры для гранулированного полиэтилена высокого и низкого давления [107]: фракционный состав 2,5-5,0 мм, эквивалентный диаметр 3,6-4,2 мм, объемный вес 532,9-573,4 кг/м^3, пористость 37-41%, гидравлическая крупность 2,54-7,46 см/с. Приведенные марки полиэтилена достаточно прочны: их истираемость и измельчаемость характеризуются нулевым показателем; нерастворимы в нефти до температуры плюс 90°С и при этом изменение внутренней и поверхностной структуры гранул полиэтилена не наблюдалось, то есть эти материалы отличаются достаточно высокой термостойкостью в нефтяной среде.

На производстве выпускаются также композиционные материалы на основе полиэтилена и полипропилена, которые могут быть использованы в качестве коалесцирующих материалов. Как коалесцирующий материал наиболее перспективен изотактический полипропилен, который обладает высоким модулем упругости, большей плотностью – 910 кг/м^3, высокой температурой плавления (плюс 165-170°С) и лучшей стойкостью к действию химических реагентов.

Молекулярная масса полипропилена колеблется в пределах 35000-150000. Полимеры с молекулярной массой ниже 35000 обладают большей хрупкостью.

С повышением молекулярной массы механические показатели (пр[illegible] текучести и прочность) полипропилена улучшаются. При отсутствии механического воздействия изделия (трубы) из полипропилена сохраняют форму при температуре плюс 150°С. Коэффициент линейного расширения в интервале температур плюс 30-120°С составляет (1,1-2,1)×10^{-4} и коэффициент объемного расширения (4,8-6,0))×10^{-4}. Минеральные и растительные масла адсорбируются пропиленом в ничтожно малых количествах; полипропилен не поглощает воду, за исключением ничтожной поверхностной адсорбции.

В технике очистки НСВ полипропилен, как коалесцирующий материал, не нашел широкого применения, но может быть отнесен к весьма перспективным полимерам в силу высоких технических свойств; возможно также применение блоксополимера пропилена с этиленом в качестве коалесцирующей загрузки. В литературе отсутствуют достаточно полные рекомендации к применению полипропилена как коалесцирующего материала при очистке НСВ. Следовательно, это предопределяет определение коалесцирующих свойств полипропилена и возможность его использования в качестве загрузки для коалесцирующих фильтров при очистке НСВ.

1.3.1 Установки и устройства с коалесцирующими материалами

Гидродинамические и контактные коалесцирующие фильтры (насадки) на базе гранулированных и волокнистых полимерных материалов в настоящее время в практике очистки НСВ нашли широкое применение для интенсификации процессов отстаивания и повышения качества очистки в отстойных сооружениях.

В гидродинамических фильтрах процесс коалесценции осуществляется следующим образом: принудительное сближение, контактирование, слияние и укрупнение диспергированных в воде частиц нефтепродуктов. Процесс и эффект коалесценции в таких насадках зависит от режима течения жидкости по поровым каналам и их размеров. При низкой скорости течения в поровых

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

каналах могут не создаваться условия для разрушения бронирующих оболочек, а при высокой скорости может произойти передиспергирование. Из-за сложности обеспечения оптимальных гидродинамических условий в поровых каналах данный тип насадок практически не применяется и мало исследован.

В контактных насадках процесс коалесценции основан на явлениях адгезии и смачивания, то есть частицы нефти вступают в контакт с поверхностью материала насадки, осаждаются на ней и накапливаются в виде пленки за счет адгезионного взаимодействия, а затем отрываются под гидродинамическим воздействием потока эмульсии и выносятся из насадки в виде капель.

В настоящее время с появлением большого количества новых полимерных материалов на основе углеводородных соединений, обладающих хорошо выраженными гидрофобными и коалесцирующими свойствами, контактные насадки заняли ведущее место в составе аппаратов и установок очистки НСВ. В основном контактные насадки применяются как этап предварительной обработки НСВ перед отстаиванием, как отдельно, так и в комбинациях с полочными блоками, флотацией, фильтрацией, гидроциклонами, жидкостной контактной массой, воздействием ультразвукового и электрического полей.

Конструкции установок, устройств и аппаратов очень разнообразны.

Существует много простых конструкций отстойников с коалесцирующими насадками из гранулированных материалов [107–113]. Одним из наиболее простых вариантов таких установок приведен на рис. 1.2. Установка представляет собой горизонтальную емкость с отсеком, заполненным коалесцирующим материалом [111, 155]. В качестве коалесцирующего материала могут быть использованы полиэтилен, полипропилен, фторопласт, стекло и другие.

На рис. 1.3, представлена установка с коалесцирующей насадкой, которая представляет собой горизонтальную емкость со встроенной горизонтальной насадкой из гранулированного полиолефина [112].

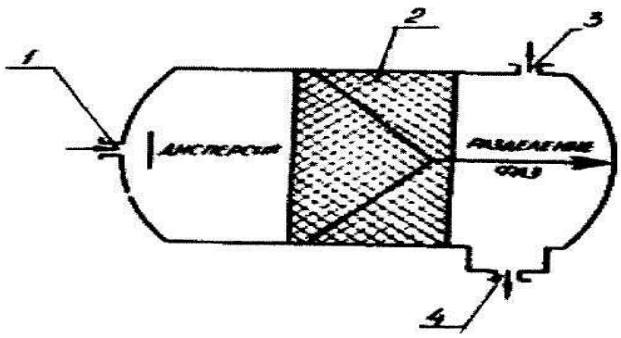


Рис. 1.2. Горизонтальный отстойник с коалесцирующей насадкой

НСВ поступает через входной патрубок 1 в зону 6 предварительного отстаивания, где происходит отделение грубодисперсной фазы нефтепродуктов. Последняя, всплывая, собирается в нефтесборнике и отводится через патрубок 4. Затем вода проходит через насадку 2. Укрупненные нефтепродукты отстаиваются в зоне 3, откуда отводятся через патрубок 8. Очищенная вода отбирается через патрубок 7. Межфазовый уровень «нефть–вода» поддерживается регулятором уровня 5. Отстойники рассчитаны на производительность 5–500 м^3/ч и обеспечивают степень очистки не более 10 мг/дм^3.

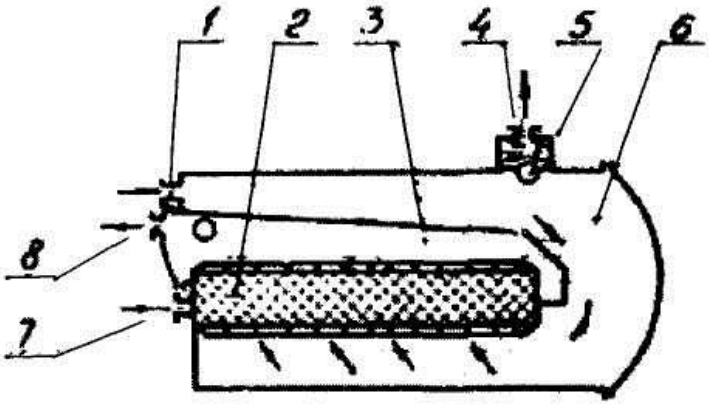


Рис. 1.3. Установка с коалесцирующей насадкой

На рис. 1.4 представлена конструкция вертикального водонефтяного сепаратора [108]. Исходная вода подается в сепаратор через патрубок 1. Диспергированные частицы нефти при прохождении через коалесцирующую насадку укрупняются и всплывают. Очищенная вода, нефтепродукты и шлам

отводятся, соответственно, через патрубки 3, 4, 5. Производительн[illegible] сепаратора в пределах 24-15000 м^3/сут. Остаточное содержание нефтепродуктов до 10 мг/дм^3.

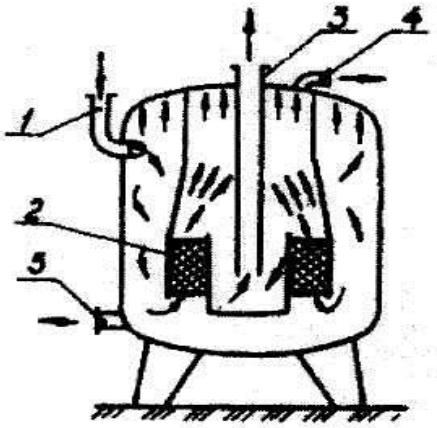


Рис. 1.4. Вертикальный водонефтяной сепаратор

Разработана экспериментальная установка для коалесценции нефтепродуктов, показанная на рис. 1.5 [114].

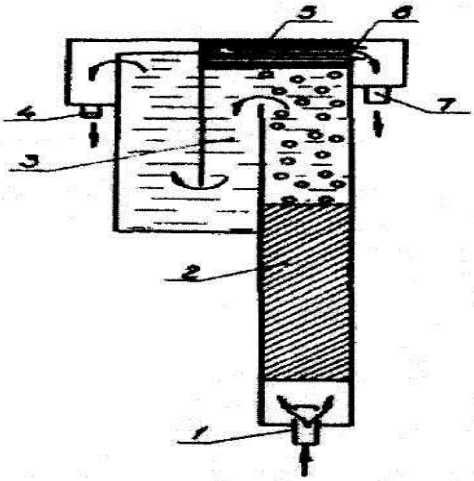


Рис. 1.5. Экспериментальная установка для коалесценции нефтепродуктов

Исходная эмульсия подается снизу вверх через патрубок 1 в коалесцирующую насадку 2. Укрупненные частицы нефти 5 всплывают и отводятся через патрубки 6, 7. Очищенная вода проходит через отстойник 3 и отводится через патрубок 4.

Изготовлена аналогичная опытная установка производительностью 0,75-3,8 м^3/ч. В качестве загрузки опытного коалесцирующего фильтра использован

стандартный гранулированный полиэтилен низкого давления с гранулами диаметром 2,5-3,0 мм. Скорость фильтрования 10-50 м/ч.

Конструкция установки с коалесцирующей насадкой патронного типа для очистки НСВ, загрязненной механическими примесями, представлена на рис. 1.6. Вода перед подачей на коалесцирующую насадку подвергается предварительному разделению в поле центробежных сил на два потока, один из которых обогащен механическими примесями, а другой – нефтью [115]. Водонефтяная эмульсия, содержащая механические примеси, подается через патрубок 2 в корпус 1, в котором механические примеси под действием центробежных сил движутся по внутренней поверхности корпуса 1, а нефть, как жидкость с меньшей плотностью, движется по внешней поверхности направляющей обечайки 3. При этом механические примеси задерживаются наклонными козырьками 9, с углом подъема против потока не менее 75°, и за счет сил гравитации попадает через окно 8 в нижнюю часть корпуса 1, откуда отводятся через патрубок 7.

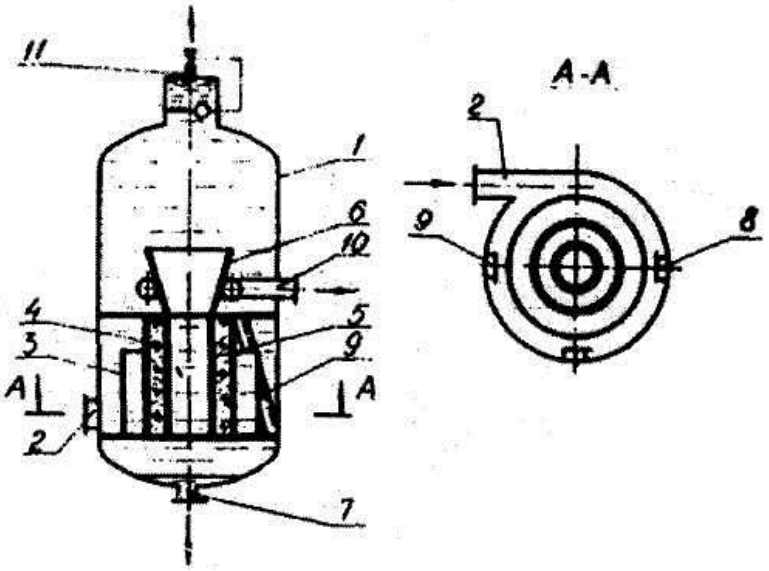


Рис. 1.6. Устройство для разделения нефти, воды и механических примесей.

Вода, обогащенная нефтью, достигает верха направляющей обечайки 3, переливается через нее и попадает на коалесцирующую насадку 4 патронного типа. Пройдя насадку 4, вода через перфорированную трубу 5 и диффузор 6 попадает в отстойную зону корпуса 1. Здесь происходит разделение нефтяной и водяной фаз, которые отводятся, соответственно, через патрубки 10 и 11.

В последние годы коалесцирующие насадки получили применение в качестве предварительной ступени обработки НСВ перед флотацией и фильтрацией.

На рис. 1.7 представлен флотатор [116], где очищаемая вода подается во флотационную камеру 2 через коалесцирующую насадку 1, размещенную под флотационной камерой 2. В коалесцирующей насадке частицы нефти укрупняются до размеров 50-100 мкм. Насадка также служит распределителем потока воды. Очищаемая вода смешивается с насыщенной флоагентом очищенной водой во флотационной камере 2, где осуществляется флотационная очистка воды. Очищенная вода отводится через патрубок 3, а уловленная нефть – через патрубок 4.

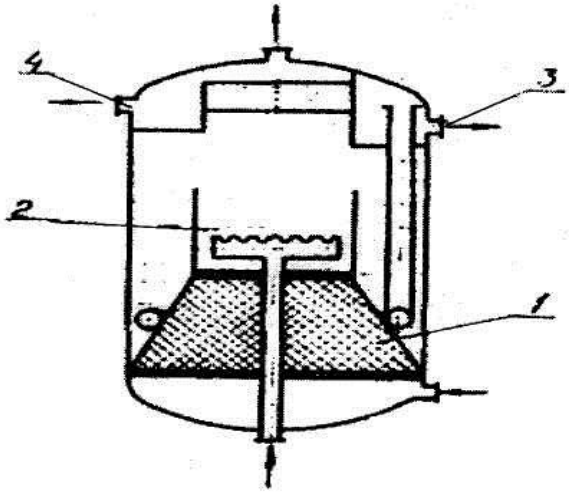


Рис. 1.7. Флотатор.

Для увеличения межрегенерационного периода коалесцирующей насадки в устройстве, показанном на рис. 1.8, для очистки НСВ, загрязненной механическими примесями, применена предварительная обработка воды в поле ультразвука [117], которая предусматривает сепарацию механических примесей из воды перед поступлением на коалесцирующий насадок.

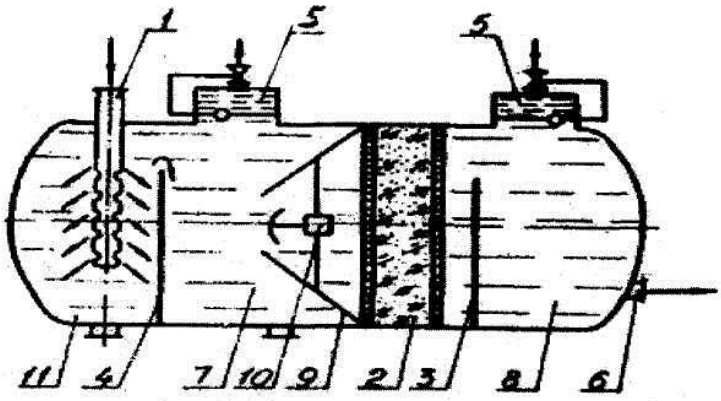


Рис. 1.8. Устройство для очистки нефтесодержащих вод.

Очищаемая вода через патрубок 1 попадает в успокоительную камеру 11, где выпадают крупные механические примеси и периодически дренируются. Вода через перегородку 4 переливается в отсек 7 предварительной очистки, в котором происходит осаждение оставшихся крупных механических примесей и всплытие крупных капель нефти и отвод их через нефтесборник 5. Далее вода направляется в отверстие диффузора 9, где попадает под воздействие ультразвукового поля, генерируемого источником 10, в результате мелкие механические примеси интенсивно осаждаются, и в диффузор попадает вода с содержанием мелких частиц нефти. В коалесцирующей загрузке фильтра 2 частицы нефти укрупняются и вместе с водой переливаются через переливную перегородку 3 в отсек 8, где частицы нефти всплывают и накапливаются в нефтесборнике 5, откуда отводятся с помощью регулятора межфазового уровня, а очищенная вода отбирается через патрубок 5.

Конструкция устройства для очистки НСВ, имеющая дополнительную камеру, снабженную электродами, представлена на рис. 1.9 [118]. Исходная вода подается через патрубок 9 в камеру 7, где происходит насыщение ее пузырьками газа – продуктами электролиза. Обработанная в электрическом поле электрода 8 НСВ поступает через распределитель водно-воздушной смеси 11 в камеру флотации 1. Предварительно очищенная вода фильтруется в отсек 3 через сетку 4 и слой зернистой загрузки 5 и отводится из емкости через патрубки 6, 10; уловленные нефтепродукты отводятся через патрубок 2.

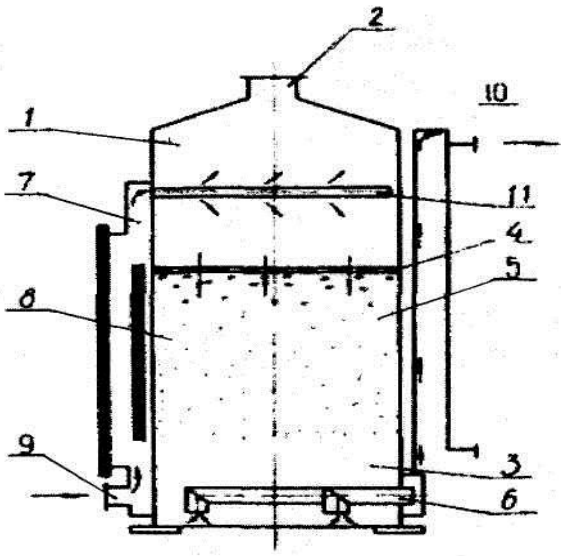


Рис. 1.9. Устройство для очистки нефтесодержащих вод.

Для повышения эффективности работы коалесцирующих насадок иногда используются центробежные силы. В устройстве для очистки НСВ [119] применен вращающийся ротор, внутренняя полость которого заполнена коалесцирующим материалом (рис. 1.10).

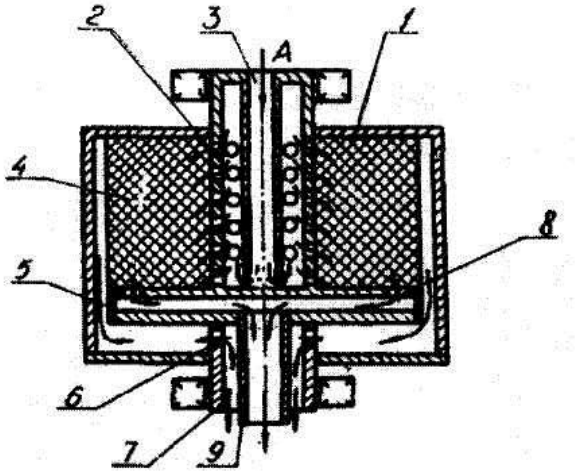


Рис. 1.10. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов.

Водонефтяная эмульсия поступает в направлении А через трубу 3 и перфорированную трубу 2 в полость ротора 1, наполненного коалесцирующим материалом 4. Под воздействием центробежного поля происходит разделение водонефтяной эмульсии. Очищенная вода отводится через кольцевой зазор между корпусами ротора 1 и цилиндрической камерой 5, отверстие 6, нижний

полувал 7. По мере работы сепаратора объем коалесцирующего материала насыщается нефтепродуктами, избыток которых удаляется через отверстие 8 в камеру 5 и далее через патрубок 9.

Коалесцирующие насадки нашли широкое применение в полочных отстойниках для повышения эффективности очистки НСВ. Как правило, они размещаются перед полочными блоками.

На рис. 1.11 представлена установка очистки НСВ с комбинированной насадкой и полочным отсеком [120].

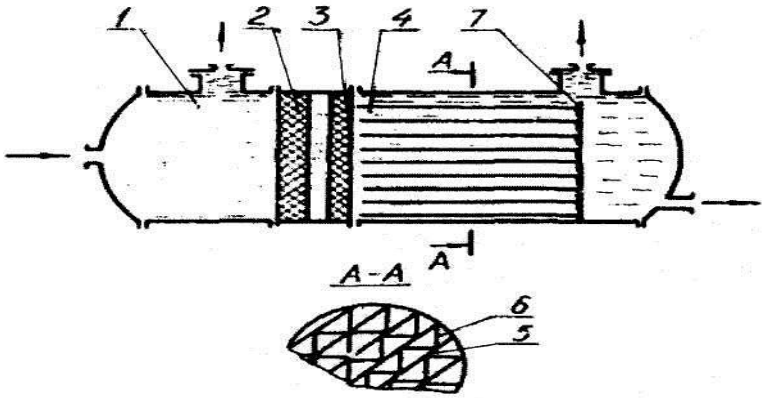


Рис. 1.11. Установка очистки нефтесодержащих сточных вод.

Отделение грубодисперсной фазы нефтепродуктов осуществляется в камере предварительного отстаивания 1. Мелкие капли коалесцируют в гидрофобной 2 и гидрофильной 3 секциях насадки. Секция 2 насадки наполнена произвольно расположенными волокнами полипропилена толщиной 3-7 мкм. Для придания волокнам фиксированного положения они могут быть пропитаны акриловой или фенольной смолой. В случае использования стекловолокна пропитка смолами способствует его гидрофобизации. Секция 3 по конструкции аналогична первой. Материалом служит стекловолокно. Дальнейшее отделение нефтепродуктов происходит в полочном блоке 4, представляющем собой сочетание наклонных плоских 5 и зигзагообразных 6 полок, в конце которых установлена перегородка 7.

Закрытый напорный отстойник с гидрофобным фильтром представлен на рис. 1.12 [121].

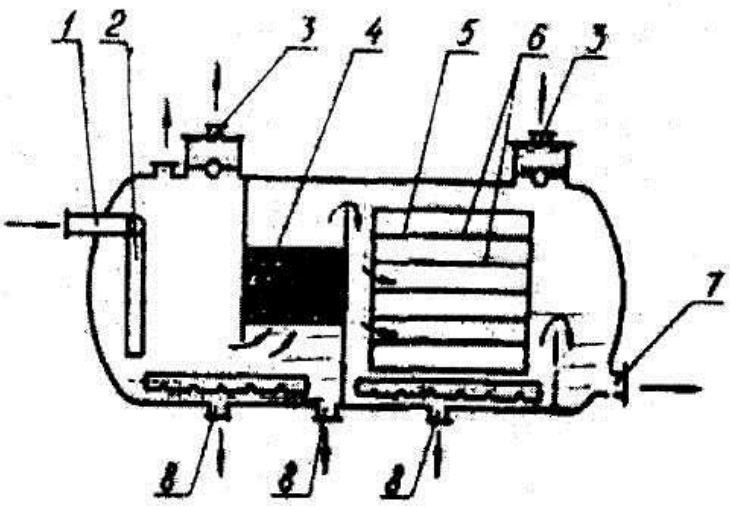


Рис. 1.12. Блочная установка для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Очищаемая вода подается через штуцер 1 и распределительной устройство 2 в предварительный отстойный отсек, где крупные частицы нефти всплывают в нефтесборник и удаляются через штуцер 3. Далее вода проходит через коалесцирующий фильтр 4, где частицы нефти укрупняются и всплывают. Затем вода проходит в полочный отсек 5, оборудованный полками 6 из гофрированного стеклошифера; очищенная вода удаляется через штуцер 7, выделившиеся нефтепродукты – через штуцер 3, осадок – через штуцер 8.

Напорный отстойник с гидрофобным фильтром и полочным блоком представлен на рис. 1.13 [122].

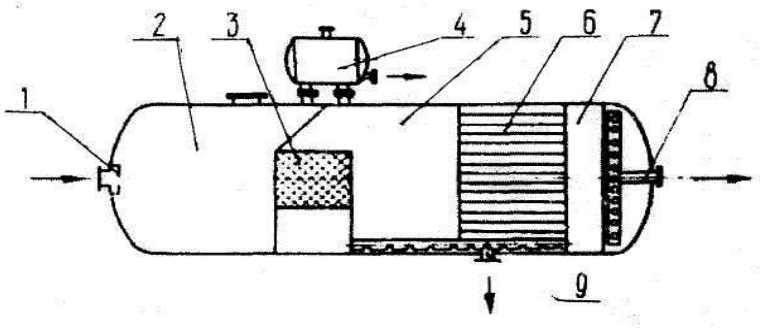


Рис. 1.13. Напорный отстойник.

НСВ подается через входной патрубок 1 в первое отстойное отделение 2, где происходит очистка от крупнодиспергированных частиц нефти и

механических примесей. Далее вода проходит через гидрофобную коалесцирующую насадку 3 и поступает во второе отстойное отделение 5, оборудованное полками 6. Очищенная вода окончательно отстаивается в отсеке 7 и отводится через устройство сбора и отвода 8.

Нефтепродукты накапливаются в нефтесборнике 4 и по мере накопления удаляются. Шлам удаляется через патрубок 9. Отстойник рассчитан на производительность 1500 м^3/сут; скорость фильтрования 20 м/ч; содержание нефтепродуктов до очистки 60-100 мг/дм^3, после 10-20 мг/дм^3; загрузка – гидрофобный или гидрофобизированный материал фракции 10-15 мм.

На рис. 1.14 показано устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов и механических примесей, которое состоит из камеры, размещенной в верхней части корпуса; фильтра, снабженного перфорированными трубами, сообщающимися с камерой, и полок [123].

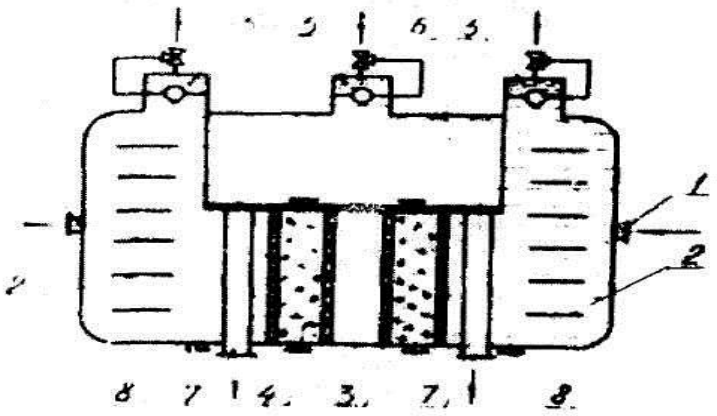


Рис. 1.14. Устройство для очистки сточных вод от нефти и механических примесей.

Исходная вода, содержащая нефтепродукты и механические примеси, через патрубки 1 с обеих сторон поступает в отстойник. Крупные частицы нефтепродуктов всплывают, а механические примеси осаждаются в полочной части 2 предварительного отстоя. Нефтепродукты и механические примеси удаляются, соответственно, через нефтесборники 5 и патрубки 8. Далее вода с обеих сторон проходит через коалесцирующую загрузку фильтра 4 и через

перфорированные трубы 3 попадает в камеру 6 окончательного отстаивания. Нефть удаляется через нефтесборники 5; очищенная вода отводится через трубы 7; шлам – через патрубки 8. При подаче жидкости с обеих сторон фильтра достигается двустороннее выравнивание давлений на фильтр, что исключает образование сдвигающих усилий и делает конструкцию фильтра надежной.

Отстойник для очистки НСВ, представленный на рис. 1.15, снабжен двумя коалесцирующими фильтрами [124]. Исходная жидкость по подводящей трубе 3 попадает в камеру 2 предварительного отстоя, откуда направляется в фильтр 1 с коалесцирующей загрузкой. Вытесненные из фильтра укрупнившиеся капли нефти переливной перегородкой 4 направляются в слой нефти 5. Полки 6, 7 и распределитель 8 равномерно распределяют поток воды в объеме слоя нефти 5, что приводит к увеличению площади контакта и времени контактирования сточной воды с нефтью. Всплывшие нефтепродукты, очищенная вода и шлам отводятся соответственно, через патрубки 9, 10, 11.

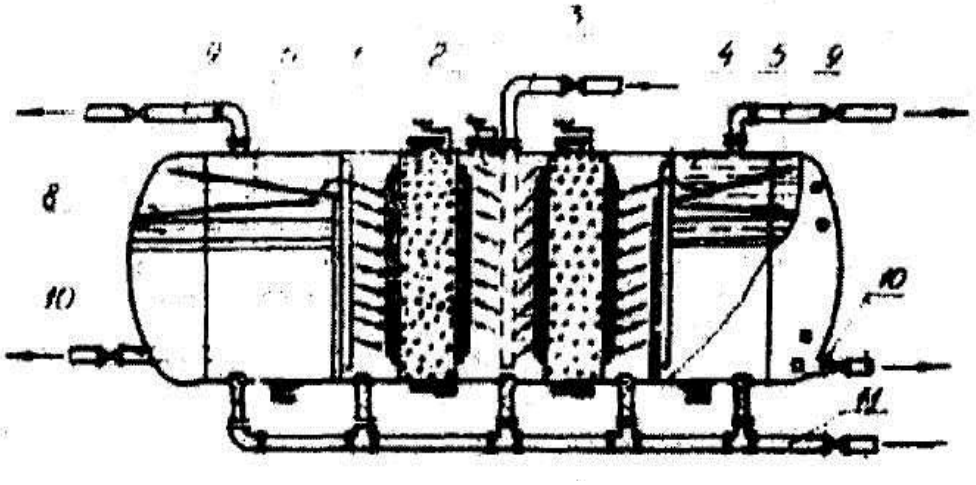


Рис. 1.15. Отстойник для очистки нефтесодержащих вод.

Наряду с гранулированными насадками в установках очистки НСВ применяются вязаные из полимерных (полиэтиленовых, полипропиленовых, поливинилхлоридных и др.) нитей насадки. Конструкция отстойника с такой насадкой показана на рис. 1.16 [125].

В вертикальном корпусе отстойника на перфорированной водоподводящей

трубе 1 установлено несколько вязаных блоков 2, закрытых глухим фланцем на нижней части блоков. НСВ поступает через отверстия трубы в насадку, за счет адгезионного взаимодействия происходит накопление нефти на нитях. Достигнув критического размера, пленка нефтепродуктов потоком жидкости срывается и в виде укрупненной капли выносится из насадки.

Всплывшие нефтепродукты отводятся через патрубок 4, а очищенная вода – через патрубок 5. Применение таких насадок позволяет удалять до 90% содержащихся в воде нефтепродуктов.

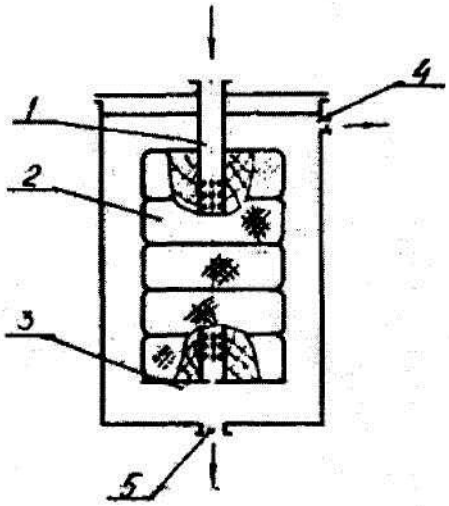


Рис. 1.16. Отстойник для очистки нефтесодержащих вод.

В некоторых случаях, для более тонкой очистки, целесообразно применение многоступенчатой коалесценции.

В устройстве (рис. 1.17) [126] двухступенчатой коалесценции, разделенном перегородкой 3 на два отсека, в отсек 1 по патрубку 4 подается исходная НСВ. Более крупные капли нефти всплывают и удаляются через патрубок 5. Вода, освобожденная от крупных капель нефтепродуктов, проходит последовательно через волокнистые полипропиленовые насадки 6 и 7 и поступает в отсек 2. Очищенная вода удаляется через патрубок 9. Нефтепродукты из отсеков 1 и 2 удаляются по патрубкам 8.

На рис. 1.18 представлена установка с трехступенчатой коалесценцией [127]. Поступающие через патрубок 1 НСВ проходят последовательно все три насадки 3, выполненные из олеофильного материала (полиэтилен, найлон) и установленные

в изолированных друг от друга камерах, ограниченных перегородками 2.

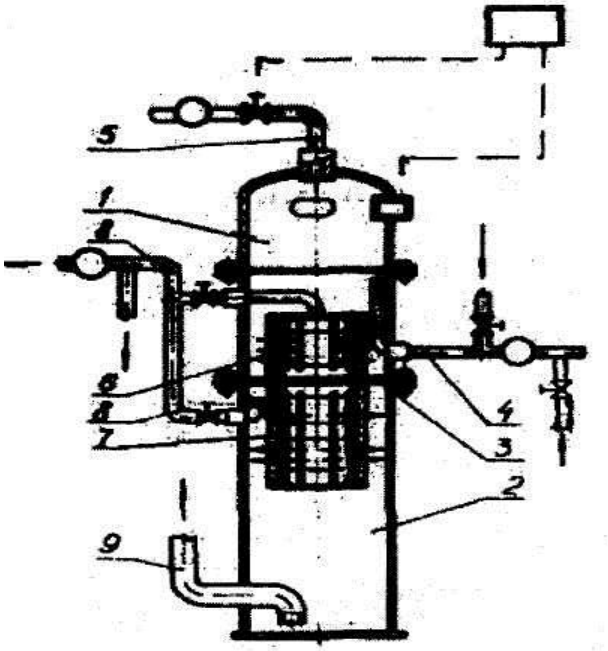


Рис. 1.17. Устройство двухступенчатой коалесценции.

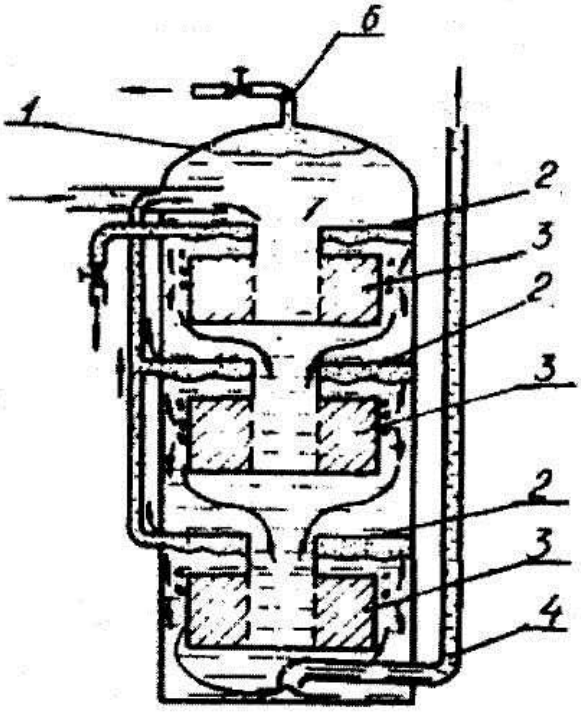


Рис. 1.18. Установка трехступенчатой коалесценции.

Крупнодисперсная фаза нефтепродуктов отстаивается в верхней камере, тонкодисперсная фаза уносится потоком в следующую насадку, где происходит

дальнейший процесс коалесценции. Очищенная вода собирается в нижней части отстойника и отводится через патрубок 4. Накопленные в нижерасположенных камерах частицы нефтепродуктов подсасываются водой, подаваемой на очистку, и многократно проходят коалесцирующие насадки до достижения определенных размеров крупности, позволяющих отделить их от воды гравитационным отстаиванием. Нефтепродукты отводятся через патрубок 6.

На рис. 1.19 представлено устройство для очистки НСВ, в котором осуществляется последовательно двухкратно коалесценция и отстаивание [128].

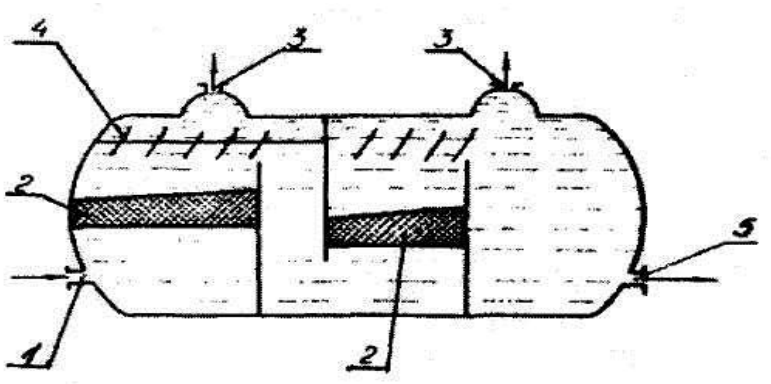


Рис. 1.19. Устройство для очистки нефтесодержащих вод.

НСВ по патрубку 1 поступают снизу в коалесцирующий элемент 2, где происходит укрупнение частиц нефтепродуктов, которые выносятся потоком, всплывают и отводятся через патрубок 3; очищенная вода отводится через патрубок 5. Над коалесцирующими элементами установлены направляющие пластины 4, длина которых увеличивается в направлении патрубка входа НСВ. Направляющие пластины позволяют увеличить поверхность и время контакта НСВ со слоем нефти. Увеличивающееся сечение коалесцирующего элемента способствует благоприятному распределению скоростей потока по поверхности.

С целью повышения эффективности очистки в установках совместно с коалесцирующим элементом применяется слой жидкой контактной массы (ЖКМ) из дегазированной нефти. Конструкция такого устройства для очистки

НСВ показана на рис. 1.20 [129].

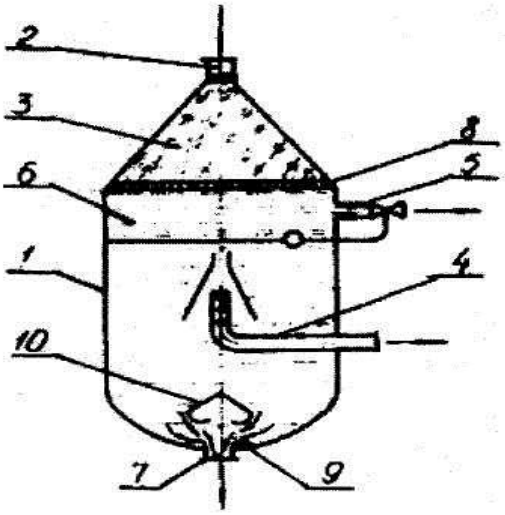


Рис. 1.20. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов и механических примесей.

В аппарате осуществляется несколько технологических процессов: совмещенный процесс распределения потока и коалесценция частиц нефтепродуктов в коалесцирующем насадке – распределителе; контактная очистка воды от частиц нефтепродуктов в слое контактной массы из нефти под распределителем; отстаивание и разделение очищаемой воды в отстойной зоне под слоем нефти и раздельный отвод компонентов: уловленных нефтепродуктов, очищенной воды и шлама.

На рис. 1.21 представлен отстойник с коалесцирующими насадками и слоем ЖКМ [130]. Исходная вода подается в емкость 1 через патрубок 2 и патронные коалесцирующие насадки 3, где частицы нефтепродуктов укрупняются и вместе с потоком воды с помощью перфорированных камер 4 вводятся в слой нефти. Очищенная вода отводится через трубопровод 8, уловленные нефтепродукты 5 отводятся по трубопроводу 7, который снабжен регулятором межфазового уровня 6.

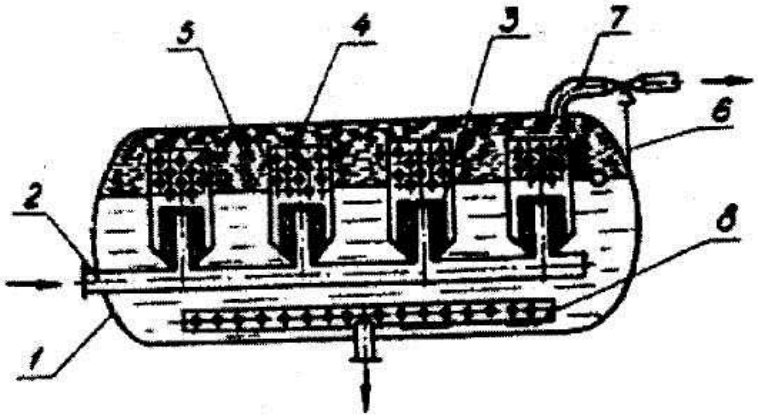


Рис. 1.21. Отстойник для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Отстойник 1 с коалесцирующими насадками и слоем ЖКМ, рассчитанный на производительность 6300 м^3/сут, приведен на рис. 1.22 [131]. Исходная вода подается через патрубок 4 в коалесцирующие насадки 2 и в слой ЖКМ 3, размещенный под насадками. Насадки 2 служат для укрупнения частиц нефтепро-

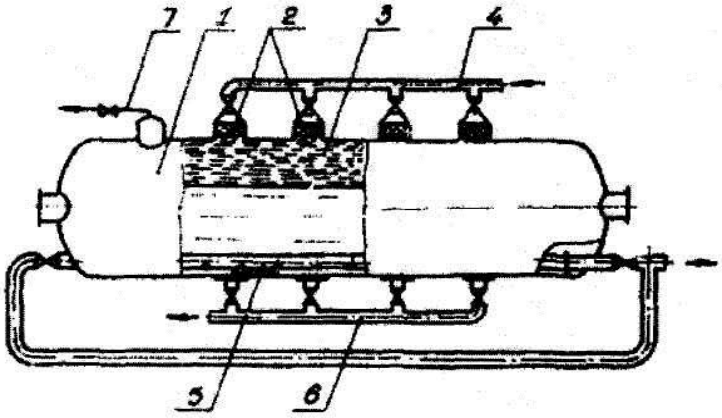


Рис. 1.22. Отстойник для очистки нефтесодержащих сточных вод.

дуктов и распределения потока очищаемой воды. Вода после фильтрования через коалесцирующие насадки и ЖКМ отстаивается и очищенная отводится через сборное устройство 5. Шлам и нефтепродукты отводятся по патрубкам 6 и 7. Остаточное содержание нефтепродуктов в очищенной воде – до 30 мг/дм^3, механических примесей – до 15 мг/дм^3. Скорость фильтрования 70 м/ч, скорость фильтрования в слое ЖКМ 5м/ч.

Установка очистки НСВ с раздельно выполненным коалесцирующим элементом приведена на рис. 1.23 [132].

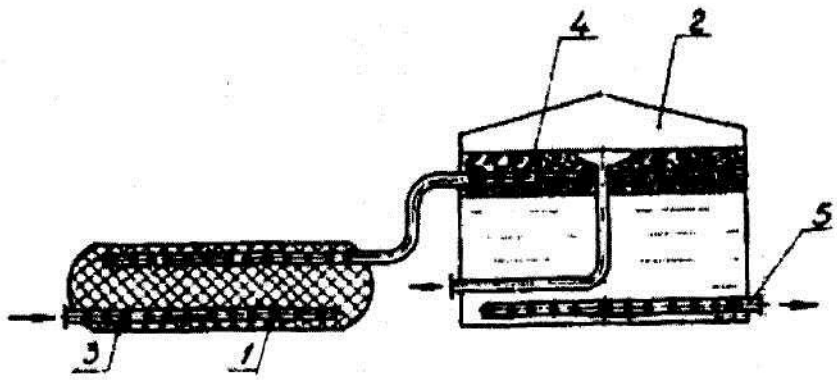


Рис. 1.23. Установка очистки нефтесодержащих сточных вод.

НСВ подводится через устройство 3 в коалесцирующий фильтр 1, где осуществляется укрупнение мелких частиц нефтепродуктов, а затем через распределитель потока 4 фильтруется через слой нефти в вертикальном стальном отстойнике. Вода после фильтрования подвергается динамическому отстаиванию и отводится через патрубок 5.

На рис. 1.24 приведено устройство для очистки НСВ, включающее коалесцирующий фильтр, гидроциклон и слой ЖКМ [133].

Исходная вода, содержащая плавающие и эмульгированные нефтепродукты, подается через патрубок 8 под давлением в гидроциклон 2, где осуществляется предварительная обработка эмульсии в поле центробежных сил. Поток эмульсии из нижнего слива гидроциклона 2, содержащий эмульгированные нефтепродукты, через патрубок 3 попадает в распределитель 4 камеры 1, далее, в виде равномерно распределенного потока – в слой контактной массы 7, где осуществляется контактная очистка от эмульгированной нефти. Второй поток из верхнего слива гидроциклона 2 через патрубок 5 направляется в распределитель 6 и вводится в контактную массу 7 для очистки эмульсии от нефтепродуктов. Уловленные нефтепродукты отводятся через патрубок 9. После прохождения ЖКМ сточная вода попадает в полость диффузора 12, проходит через коалесцирующий фильтр 14 и конфузор 13. Очищенная вода отводится через патрубок 10, шлам – через патрубок 11.

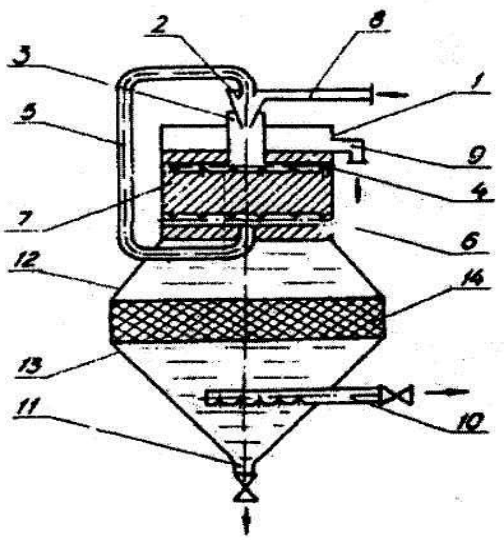


Рис. 1.24. Устройство для очистки сточных вод.

Анализ конструктивных и технологических решений выполнения описанных выше установок, установок показал, что по конструкции они выполнены вертикальными и горизонтальными с нижней, верхней, тангенциальной, боковой подачей исходной воды. Коалесцирующие элементы выполнены из гранулированных или волокнистых материалов и используются как этап предварительной обработки сточных вод (с целью нарушения устойчивости эмульсии и укрупнения частиц нефтепродуктов) перед отстаиванием.

Скорости фильтрования через коалесцирующие насадки лежат в пределах 10-70 м/ч.

Коалесцирующие фильтры и насадки могут также использоваться при очистке НСВ как самостоятельная ступень в многоступенчатых схемах очистки. В таких технологических схемах коалесцирующие фильтры могут служить как для предварительной обработки НСВ перед ступенями с более глубокой степенью очистки, так и в качестве последней стадии очистки.

На рис. 1.25 приведено комбинированное устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов, масел и взвешенных веществ напорной флотацией и фильтрованием через зернистые и листовые пористые материалы [134]. Может быть использовано для очистки сточных вод с территорий

машиностроительных предприятий и нефтебаз, производственных ст[illegible] автотранспортных предприятий.

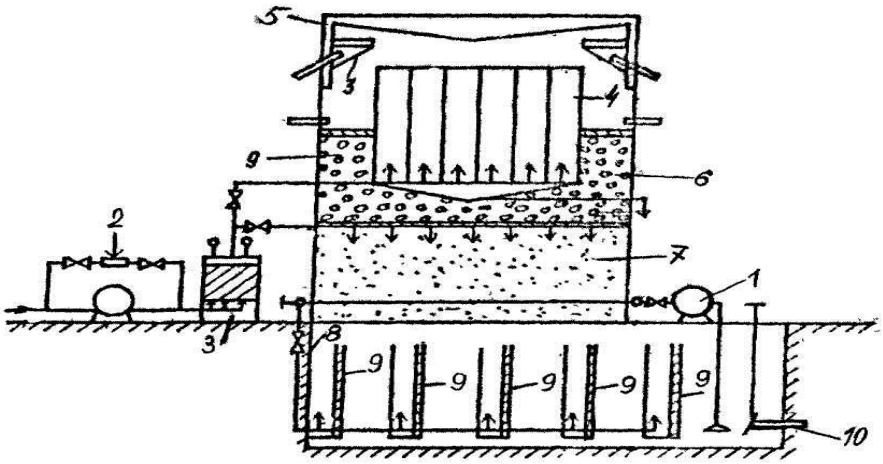


Рис. 1.25. Устройство для очистки сточных вод.

На рис. 1.26 показано очистное устройство для сточных вод от мойки автомобилей и автобусов [135].

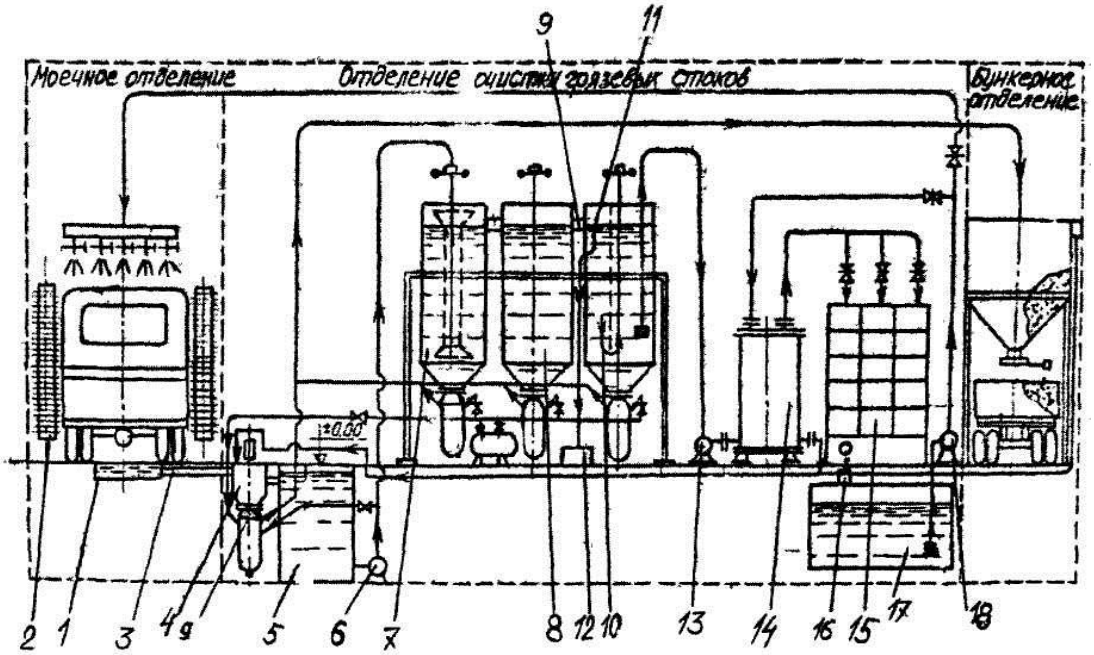


Рис. 1.26. Очистное сооружение для сточных вод от мойки автомобилей и автобусов.

Сточные воды образуются на моечной канаве 1 от работы моечной

машины 2. По трубе 3 сточные воды поступают на вихревой отстойник оттуда – в подземный резервуар 5. Далее насосом 6 вода подается в отстойник-гаситель 7, откуда самотеком поступает в вертикальный отстойник 8 первой ступени. После заполнения отстойника 8 до заданного уровня вода переливается по трубе 9 в отстойник 10 второй ступени. Всплывшие частицы масел и нефтепродуктов скапливаются в верхней части отстойника 10 и периодически через маслонефтеловушку 11 сбрасываются в бак 12.

Насосом 13 отстоенная вода перекачивается в фильтр 14 с плавающей загрузкой из полипропилена, после которого поступает на фильтр 15 второй ступени. Очищенная вода по трубопроводу 16 сливается в подземный резервуар 17 чистой воды. Очищенная вода насосом 18 подается на повторное использование в моечной машине 2.

На рис. 1.27 показана установка для очистки сточных вод, включающая флотатор, флотоотстойники с тонкослойными модулями и фильтр с коалесцирующей загрузкой [136]. Установка может применяться на нефтеперерабатывающих заводах, нефтебазах, автопредприятиях.

Сточная вода, истекая с большой скоростью из конфузора трубопровода 1, поступает во флотатор 2. Частицы загрязнений в виде пены поступают на термическую обработку в камеру 13 пульсирующего горения. Обработанная во флотаторе жидкость поступает во флотоотстойники 4 и 5 с тонкослойными модулями, откуда далее подается на коалесцирующий фильтр 7. В качестве коалесцирующей загрузки использован гранулированный полиэтилен. Очищенная вода поступает в емкость 8.

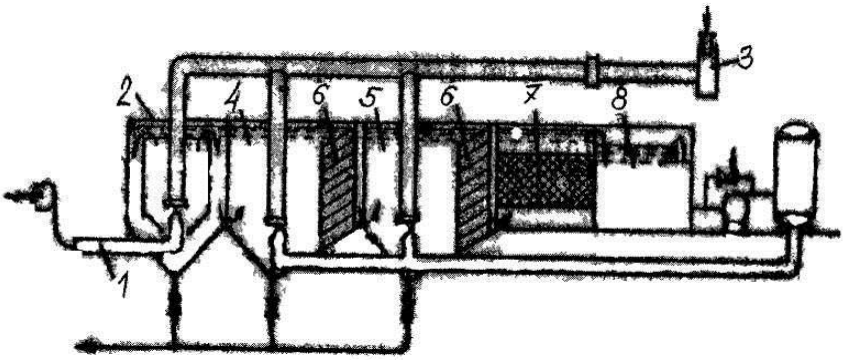


Рис. 1.27. Установка для очистки сточных вод

Устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов и механических примесей показано на рис. 1.28 [137]. Устройство может быть использовано в нефтеперерабатывающей промышленности, на автомобильных транспортных предприятиях; представляет собой комбинированное сооружение, включающее тонкослойное отстаивание, фильтрование на коалесцирующем фильтре и окончательное отстаивание.

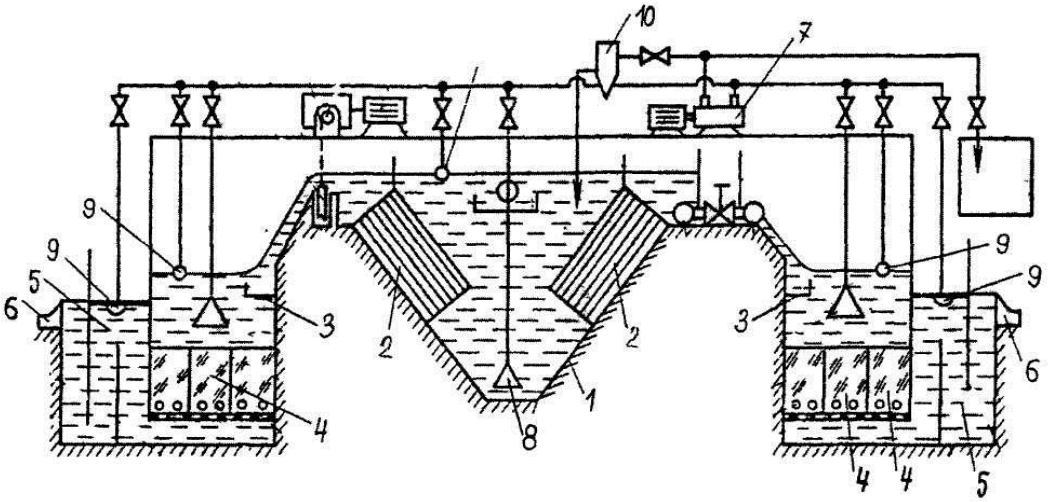


Рис. 1.28. Устройство для очистки сточных вод.

Представленное безнапорное устройство предназначено преимущественно для очистки сточных вод при расходах от 20 м^3/ч и выше. Скорость фильтрования через коалесцирующую загрузку – 10 м/ч, степень очистки на установке по нефтепродуктам – до 5 мг/дм^3, по механическим примесям – до 20 мг/дм^3.

Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов представлена на рис. 1.29 [138].

Сточная вода подается под давлением через входной патрубок 1 на отбойную пластину 2 предварительного отстойника 3, где выпадают в осадок механические примеси и отделяются наиболее грубодисперсные фракции нефтепродуктов, отводимые по трубам 4 и 5 соответственно. Далее вода поступает в тонкослойный модуль 6. Всплывшие нефтепродукты по трубопроводу 7 отводятся в емкость для их сбора.

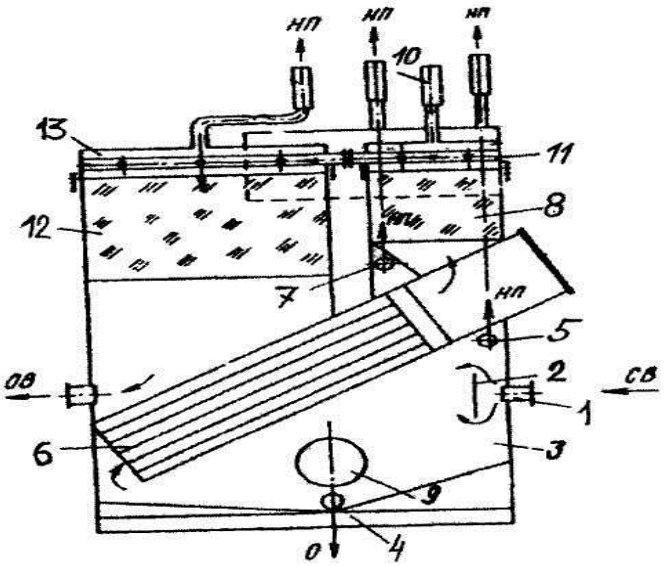


Рис. 1.29. Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Осадок поступает в нижнюю часть установки. После тонкослойного отстаивания вода поступает в коалесцирующий фильтр 8 камеры 9. Скоалесцировавшиеся частицы нефтяной эмульсии удаляются через отвод 10, а вода собирается в коллекторе 11 и поступает в адсорбционный фильтр 12 камеры 13. В качестве коалесцирующего материала используется гранулированный полиамид или полиэтилен; в качестве адсорбционной загрузки – термостойкое кварцевое волокно. Скорость фильтрования – 8-10 м/ч.

Известен также опыт применения коалесцирующих фильтров для очистки НСВ в компактных установках заводского изготовления. В частности, в отечественной и зарубежной практике для очистки НСВ от автозаправочных станций, гаражей, паркингов, промышленных предприятий, автомоек применяется оборудование, выпускаемой фирмой «OY LABKO AB» (Финляндия) [139–141].

Очистные системы, производимые данной фирмой, выполнены по модульному принципу. Наиболее распространенной продукций фирмы «OY LABKO AB» являются бензомаслосепаратор EuroPEK (в комплекте с пескоотделителем НЕК EN и колодцем для отбора проб NOK), отстойник–маслоотделитель SuperPEK. Данные конструкции предусматривают

трехступенчатую очистку НСВ: тонкослойное отстаивание, фильтрование через коалесцирующую загрузку и доочистку на сорбционном фильтре с загрузкой из сорбента растительного происхождения. Степень очистки (согласно проектных данных) по нефтепродуктам после коалесцирующего фильтра – 0,3 мг/дм^3; после сорбционного фильтра – 0,05 мг/дм^3.

Технология ступенчатой очистки НСВ предприятий автотранспорта с применением метода коалесценции в слое нефтепродуктов разработана авторами [142]. Схема очистки представляет собой систему колодцев в количестве от трех до пяти штук в зависимости от производительности сооружений. В данной схеме коалесцирующий фильтрующий слой нефтепродуктов помещен на первой ступени очистки; далее вода проходит тонкослойное отстаивание и фильтрование через сорбирующий материал.

В результате анализа применения коалесцирующих фильтров для очистки НСВ можно сделать вывод о малой изученности возможности их применения для очистки НСВ предприятий автомобтльного транспорта, в частности, автомобильных моек.

Представляется целесообразным обосновать теоретически и экспериментально возможность применения коалесцирующих фильтров с загрузкой из гранулированного полипропилена (при скоростях фильтрования до 6 м/ч) в технологических схемах очистки данных сточных вод.

Заключение по первой главе

1. Приведен анализ методов и способов очистки НСВ.

2. Проведен анализ научно-исследовательских работ применения метода коалесценции для обработки и очистки НСВ; рассмотрены различные коалесцирующие материалы, устройства, установки с коалесцирующими насадками и основные технологические параметры, а также изучены теоретические основы процессов коалесценции нефтяных эмульсий на коалесцирующих фильтрах.

3. Рассмотренана техническая возможность и целесообразн применения метода коалесценции для глубокой очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта с целью разработки технологической схемы оборотного водоснабжения автомойек, нефтезаправочных станций.

4. Выявлена недостаточная изученность гранулированного полипропилена в качестве коалесцирующего материала для очистки НСВ. В специальной литературе отсутствуют данные о применении коалесцирующих фильтров при скоростях фильтрования менее 6 м/ч для очистки НСВ.

В результате проведенного анализа современного состояния очистки НСВ, автору представляется необходимо решить следующие задачи исследований:

- составить критериальную модель процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой;

- изучить теоретическое и экспериментальное обоснование результатов очистки НСВ на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена различной крупности при скоростях фильтрования до 6 м/ч;

- исследовать определение зависимости эффекта очистки НСВ от основных технологических параметров процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах;

- определить оптимальные технологические параметры коалесцирующих фильтров;

- разработать новую технологическую схему оборотного водоснабжения автомойки с применением коалесцирующих фильтров с гранулированной полипропиленовой загрузкой.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ГЛАВА 2
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД КОАЛЕСЦИРУЮЩИХ ФИЛЬТРАХ

2.1 Задачи моделирования

Наличие разнообразных источников образования НСВ и значительное их отличие по составу компонентов предполагает применение различных методов очистки. Изменение концентрации нефтепродуктов в производственных сточных водах значительно усложняет унификацию методов очистки и подразумевает необходимость подробного исследования для каждой отдельной категории сточных вод.

Применение коалесцирующих фильтров дает возможность качественно и количественно оптимизировать процесс очистки нефтесодержащих сточных вод и уменьшить затраты на проектирование и строительство сооружений. Создание комплексной физическо-критериальной модели коалесценции на локальных очистных сооружениях позволяет проектировать различные реальные сооружения для очистки НСВ на основании изучения процессов очистки в лабораторных и полупроизводственных условиях.

В зависимости от сложности поставленной задачи критериальная модель, на основании которой осуществляется реализация физической модели, может быть полной, частично полной или упрощенной. В случае, если результаты моделирования реализуются на одном конкретном натурном объекте, для определенного класса НСВ можно ограничиться составлением упрощенной критериальной модели. При условии дальнейшего переложения результатов эксперимента на проектирование очистных сооружений с различными по составу загрязнениями, объемами сточных вод и другими особенностями (материал каркаса сооружений, плавающей загрузки и т.п.) возникает

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

необходимость учета всех потенциально влияющих на процесс параметров, и, следовательно, составления полной критериальной модели.

2.2 Критериальное моделирование экспериментальных исследований

Процесс очистки нефтесодержащих сточных вод в коалесцирующих фильтрах является сложным и многофакторным. Оптимальность очистки определяется зависимостью от большого числа геометрических, кинематических и динамических параметров. Создание физической модели коалесцирующих фильтров требует выполнения норм полного динамического подобия системы «модель - натурный объект». Определяющим параметром при физическом и критериальном моделировании может служить либо концентрация нефтепродуктов на выходе из фильтра $C_{нфп}$, либо, что является более удобным, выраженный в безразмерной форме эффект очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$:

$$Э_{нфп} = \frac{\left(C_{нфп}^{исх} - C_{нфп}\right)}{C_{нфп}^{исх}} \cdot 100\%, \qquad (2.1)$$

где $C_{нфп}^{исх}$ – концентрация нефтепродуктов на входе в фильтр, мг/дм^3;

$C_{нфп}$ – концентрация нефтепродуктов на выходе из фильтра, мг/дм^3.

К основным параметрам, влияющим на характер прохождения очистки нефтесодержащих сточных вод в коалесцирующем фильтре, относятся следующие: свойства очищаемой жидкости, плавающей загрузки и материала каркаса фильтра; параметры, характеризующие степень взаимодействия изучаемой системы с окружающей средой; кинематические характеристики, связанные с движением воды и деформацией загрузки; динамические характеристики, определяющие влияние на систему внешних и внутренних сил.

Функциональная зависимость определяющего процесс параметра $C_{нфп}$ от

параметров, влияющих на его численное значение, имеет вид [114, 144, 157]

$$Э_{нфп} = F(\rho_ж;\rho_з;d_з;\sigma_ж;\sigma_н;F_ф;h_{сл};\Delta_{ст};C^{исх}_{нфп};t_з;t_р;T_{возд};\vec{V};Q), \quad (2.2)$$

где $\rho_ж$ и $\rho_з$ – плотность сточной жидкости и материала загрузки, кг/м^3;

$\sigma_ж$ и $\sigma_н$ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости и нефтепродуктов;

$F_ф$ – площадь фильтра, м^2;

$h_{слl}$ – высота слоя загрузки, м;

$A_{ст}$ – шероховатость стенок фильтра, м;

$t_з$ – время зарядки фильтра, ч;

$t_р$ – время работы фильтра с постоянным эффектом очистки ч;

$T_{возд}$ и $T_в$ – температура воздуха и воды соответственно, °С;

$\vec{V}$ – скорость и направление фильтрования, м/ч;

Q – расход обрабатываемой воды, м^3/с.

Для упрощенного моделирования ряд параметров не имеют определяющего значения и ими можно пренебречь. Так, на исследуемой полупроизводственной модели используется загрузка, применяемая и на реальных фильтрах, поэтому $d_з$ и $\rho_з$ остаются постоянными. Шероховатостью стенок для частичного решения задачи моделирования можно пренебречь ввиду незначительности контакта жидкости и каркаса фильтра. Сточная нефтесодержащая жидкость, исследуемая на модели полностью соответствует реальной, поэтому $\rho_ж$, $\sigma_ж$ и $C^{исх}_{нфп}$ являются величинами постоянными. Температурой воздуха и жидкости также пренебрегаем, так как исследования проводились в полупроизводственных условиях в достаточно большой промежуток времени.

В связи с принятыми допущениями и граничными условиями уравнение (2.2) преобразуется в уравнение (2.3):

$$Э_{нфп} = F(\sigma_н; F_ф; h_{сл}; t_з; t_р; \vec{V}). \quad (2.3)$$

Для определения возможности переложения полученных результатов исследования на натурные объекты необходимо вычислить масштабы подобия и определиться с граничными условиями геометрических, кинематических и динамических характеристик, предполагаемых для производственных установок. Установление характера подобия между собой возможно при составлении критериального уравнения, описывающего данный процесс:

$$Э_{фнп} = F(Eu; Fr; Re; Ho; We), \quad (2.4)$$

где Eu – критерий (число) Эйлера, представляющий собой отношение гидродинамических сил к силам инерции:

$$Eu = \frac{\Delta P}{\rho_ж \cdot \vec{V}^2}; \quad (2.5)$$

Fr – критерий (число) Фруда, являющийся мерой отношения сил инерции к силе тяжести:

$$Fr = \frac{\vec{V}^2}{g \cdot l}; \quad (2.6)$$

Re – критерий (число) Рейнольдса, представляющий собой меру отношения сил инерции к силам трения:

$$Re = \frac{\vec{V}^2 \cdot d_ф}{\nu}; \quad (2.7)$$

Ho – критерий гомохронности, учитывающий изменение параметров работы фильтров с течением времени:

$$Ho = \frac{\vec{V} \cdot t}{h_{сл}}; \quad (2.8)$$

We – критерий (число) Вебера, учитывающий воздействие на системы сил поверхностного натяжения:

$$We = \frac{\rho_{ж} \cdot V^2 \cdot l}{\sigma}. \qquad (2.9)$$

Совокупность выражений (2.5) – (2.9) позволяет учесть вклад в процесс очистки всех параметров, входящих в уравнение (2.3).

Учитывая тот факт, что скорости движения очищаемой воды достаточно малы (в пределах до 6 м/ч), можно говорить о режиме движения потока, близком к ламинарному. В этом случае уравнение (2.4) преобразуется в уравнение:

$$Э_{фнп} = F(La; Fr; Ho; We), \qquad (2.10)$$

где La – критерий Лагранжа, применяемый для ламинарного движения жидкости:

$$La = Eu \cdot Re = \frac{\Delta P \cdot d_{ф}}{\eta \cdot \vec{V}}. \qquad (2.11)$$

При упрощенном моделировании одним из граничных условий является требование соблюдения закономерности в соотношении между высотой слоя загрузки и времени фильтрования как для модели, так и для натурного объекта:

$$\frac{t_{м}}{h_{сл.м}} = k \cdot \frac{t_{н}}{h_{сл.н}} = const, \qquad (2.12)$$

поэтому критерием Фруда (Fr), в этом случае, можно пренебречь.

Критерием Вебера (We) выражают соотношение между силами вязкости, действующими в модельных и натурных условиях. Предполагая, что загрузка работает как один слой и загрязняется равномерно, критерием Вебера (We) также можно пренебречь, при этом уравнение (2.10) примет вид:

$$Э_{нфп} = F(La; Ho), \qquad (2.13)$$

Определяемым критерием является критерий гомохронности (Ho), так как эффект очистки, для стационарных условий, зависит только от величины

рабочего цикла $t_р$ Поэтому уравнение (2.12) в явной форме запишется в виде

$$Ho = F(La). \qquad (2.14)$$

Условия моделирования при этом сводятся к виду:

$$\left.\begin{aligned} La &= idem \\ Э_{нфп} &= Ff(Ho) \end{aligned}\right\} \qquad (2.15)$$

При соблюдении пропорциональности в отношении между $Э_{нфп}$ и $t_р$ и отношением ($t_р$ / $t_р$) определяются масштабы подобия длины α_l (в данном случае для высоты слоя загрузки фильтра); скорости фильтрования α_v; расхода α_Q.

При приближенном моделировании имеем:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_v &= \alpha_l^3 \\ \alpha_Q &= \alpha_l^{1,5} \end{aligned}\right\}. \qquad (2.16)$$

Минимальный масштаб длины α_l нормируется соотношением максимально допустимых чисел Рейнольдса

$$\alpha_l^{3/2} = \frac{Re_м}{Re_н};$$

$$\alpha_l^{min} = \left(\frac{V \cdot \Delta_м \cdot \sqrt{\lambda_м}}{14\nu}\right)^2, \qquad (2.17)$$

где $\lambda_м$ – коэффициент гидравлического трения.

2.3 Моделирование работы коалесцирующих фильтров в условиях производства

При значительном колебании концентрации исходной сточной воды по нефтесодержащим компонентам (и различном составе этих компонентов), при

применении различной плавающей загрузки (и т.п.) произвольно пренебрегать какими-либо составляющими уравнения (2.2) нельзя. Кроме того, в реальных фильтрах, из-за значительной толщины слоя загрузки, различные по высоте уровни плавающей загрузки работают не одинаково. Олеофильность материала загрузки, имеющая непосредственный характер при изменении состава и концентрации поступающей на фильтр сточной воды, изменяющаяся по слоям в сторону движения сточной воды, делает необходимым послойный учет вклада в оптимальную работу фильтра соответствующих параметров.

Полностью функциональная зависимость для определения эффекта очистки $Э_{нфп}$ имеет вид [114, 144, 146, 149]:

$$\begin{aligned} Э_{нфп} = F(&\rho_ж; \rho_з^{исх}; \rho_з^{1р}; \rho_з^{2р}; \rho_з^{3р}; \sigma_ж; \sigma_н; \sigma_{ст}; F_ф; h_{сл}; \Delta_{ст}; \\ &C_{нфп}^{исх}; t_з; t_р; T_{возд}; T_в; \Delta h_i^{сл} \vec{V}; Q) \end{aligned}, \qquad (2.18)$$

где $\rho_з^{исх}$ – исходная плотность материала загрузки, кг/м^3;

$\rho_з^{1р}; \rho_з^{2р}; \rho_з^{3р}$ – плотность материала в первом, втором и третьем (по движению воды) слое, приобретаемая за время его рабочего цикла, кг/м^3;

$\sigma_{ст}$ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости вблизи поверхности стенок фильтра (учитывает смачиваемость поверхности);

$\Delta h_{сл}^i$ – потери напора в каждом из слоев, м.

Ряд параметров в уравнении (2.18) взаимосвязаны и могут быть выражены через один из них. Так, потери напора в фильтрующей загрузке ($\Delta h_{сл}^i$) связаны с загрязнением загрузки, то есть с изменением ее плотности ($\rho_з^{ip}$):

$$\Delta h_{сл}^i = F(\rho_з^{ip}). \qquad (2.19)$$

Расход сточной жидкости, пропускаемый через фильтр (Q), может быть выражен через геометрические и кинематические параметры:

$$Q = F(F_ф; V), \qquad (2.20)$$

а функционально иметь вид:

$$Q = F(\rho_з^{ір}; \Delta h_i^{сл}). \qquad (2.21)$$

При создании критериальной и физической модели необходимо выполнять ряд граничных условий Гр. Ограничиваются те параметры, которые для поддерживания оптимальной работы фильтра должны иметь определенные численные значения, а именно:

$$Гр = F(Q; P(\Delta h_{сл}^i); C_{нфп}; V; t_з; t_р). \qquad (2.22)$$

Все граничные условия можно разделить на группы, что дает возможность их учета соответствующими критериями подобия:

$$Гр^I \sim \left\{V; Q; P(\Delta h_{сл}^i)\right\}; \qquad (2.23)$$

$$Гр^{II} \sim \left\{C_{нфп}; t_з; t_р\right\}. \qquad (2.24)$$

Пределы допустимых величин W_{min} и W_{max} учитываются при определении условий моделирования.

С учетом условий (2.19) и (2.20) уравнение (2.17) преобразуется следующим образом:

$$Э_{нфп} = F(\rho_ж; \rho_з^{исх}; \sigma_ж; \sigma_н; \sigma_{ст}; F_ф; h_{сл}; \Delta_{ст}; C_{нфп}^{исх}; t_з; T_{возд}; T_в; \vec{V}). \qquad (2.25)$$

Изменение температуры окружающего воздуха ($T_{возд}$) и сточной воды ($T_в$) учитывается при выборе масштабов подобия и расчетных зависимостей тех параметров, которые зависят от ее колебаний:

$$(\rho; \sigma) = F(T) \qquad (2.26)$$

Уравнение (2.25) в критериальной форме записывается следующим

образом:

$$Э_{нфп} = F(Eu_i; Fr; Re; Ho; We; We_{ст}), \qquad (2.27)$$

где Eu_i – число (критерий) Эйлера относится к каждому из основных слоев загрузки;

$We_{ст}$ – определяется для пристеночной зоны и учитывает различные условия фильтрации в глубине загрузки и около каркаса фильтра.

Преобразуя уравнение (2.27) по методике, изложенной в 2.2, получим следующий вид его записи [157, 160]:

$$Э_{нфп} = F(La; Fr; Ho; We; We_{ст}). \qquad (2.28)$$

Если плотность жидкости на модели и на производственной установке одинакова, то

$$\alpha_{\rho_ж} = \frac{\rho_м^ж}{\rho_н^ж}; \qquad (2.29)$$

$$\text{и } \alpha_{\rho ж} = \alpha_i \text{ или } \alpha_{\Delta h} = \alpha_i; \quad \alpha_V = \sqrt{\alpha_l}; \quad \alpha_Q = \alpha_l^{1,5}. \qquad (2.30)$$

Условия моделирования сводятся к выполнению условий:

$$\left.\begin{aligned} &La = idem \\ &Ho = idem \\ &V_м \le V_{кр} \\ &We = idem \\ &\sigma_{ст.м} = \sigma_{ст.н} \end{aligned}\right\} \qquad (2.31)$$

или

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\Delta P_{м}}{V_{м}} = \frac{\Delta P_{н}}{V_{н}} \\
&\left(\frac{t_{з}}{t_{р}}\right)_{м} = \alpha_{t} \cdot \left(\frac{t_{з}}{t_{р}}\right)_{н} \\
&V_{м} \le V_{кр} \\
&We = item \\
&\sigma_{ст.м} = \sigma_{ст.н}
\end{aligned}\right\} \qquad (2.32)$$

то есть, в общем случае моделирование работы коалесцирующих фильтров сводится к обеспечению жесткого подобия систем по времени, качественному составу загрузки и соблюдению минимальных допустимых скоростей движения сточной жидкости. Одним из главных условий является идентичность материала каркаса модели и производственной установки.

Масштабы моделирования для условий (2.31) и (2.32) соответствуют требованиям (2.16) и (2.17), но необходимо ввести масштаб подобия для сил поверхностного натяжения α_{σ}:

$$\alpha_{\sigma} = \alpha_{l}^{2}. \qquad (2.33)$$

При несоблюдении условия (2.29), то есть при необходимости моделирования процессов фильтрации для нефтесодержащих сточных вод с различным (или изменяющимся во времени) составом необходимо использовать следующие зависимости для масштабов подобия:

$$\left.\begin{aligned}
&\alpha_{V} = \alpha_{v} \cdot \sqrt{\alpha_{l}} \\
&\alpha_{p} = \alpha_{l} \cdot \alpha_{p}^{2} \cdot \alpha_{V} \\
&\alpha_{Q} = \alpha_{l}^{1,5} \cdot \alpha_{V}^{1,5}
\end{aligned}\right\} \qquad (2.34)$$

При возникновении необходимости прогнозирования эффекта работы фильтра при изменении качественных характеристик загрузки методика моделирования должна подчиняться условию сохранения характера зависимости между толщиной слоя и потерями напора за время $t_{р}$. В этом

случае определяемым критерием подобия является критерий гомохронности Но, а определяющий параметр находится из эмпирической зависимости между скоростью фильтрования V и толщиной слоя загрузки $h_{сл}$.

Учитывая тот факт, что для экспериментальных исследований используется та же загрузка фильтров, что и для производственных установок, и выполняя условие равенства напоров перед фильтрами, выделим параметры, изменение которых дает возможность создавать уменьшенные экспериментальные модели, а также определить масштабы подобия этих параметров: линейный масштаб (отношение линейных размеров модели и натурной установки) $\alpha_l \approx 0{,}2$; масштаб скорости α_v – до 0,2; масштаб расхода $\alpha_Q \approx 0{,}008$.

При расчетных параметрах производственных очистных сооружений, находящихся в пределах: по диаметрам фильтров ($d_ф$) – до 1,5-2 м; по скорости движения потока (V) – до 10 м/ч; по расходу, пропускаемому через фильтр (Q) – до 50 $м^3$/ч; используя полученные масштабы подобия, определим размеры экспериментальной установки: d = 0,3 м; высота фильтров h = 1,75 м; скорость фильтрования V = l,5-5,5 м/ч; расход воды Q = 0,11-1,18 $м^3$/ч.

Вычисленные при помощи критериального анализа характеристики полупроизводственного экспериментального фильтра дают возможность использования полученных результатов исследования при проектировании реальных производственных установок.

Экологические программы по улучшению состояния окружающей среды промышленно развитого региона, входящего в состав Восточно-Казахстанской области, предусматривают внедрение на всех предприятиях региона локальных систем очистки промышленных стоков. Особое внимание уделяется нейтрализации воздействия на экологическую обстановку сброса значительного количества нефтесодержащих сточных вод. Значительное колебание расходов нефтесодержащих сточных вод, образующихся на различных предприятиях, требует создания универсальной экспериментальной установки, моделирующей работу реальных очистных сооружений. При этом результаты

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

экспериментальных исследований должны перекладываться на проектируемые и внедряемые в производство реальные системы очистки.

К параметрам, определяющим функциональное состояние системы очистки нефтесодержащих сточных вод, можно отнести следующие:

- геометрические параметры (площадь фильтра $F_ф$, м^2; высота слоя загрузки $h_{сл}$, м; шероховатость стенок фильтра $\Delta_{ст}$, мм; диаметр зерен загрузки $d_з$, мм);
- кинематические параметры (скорость и направление фильтрации $\vec{V}$, м/ч);
- динамические параметры (расход обрабатываемой воды Q, м^3/ч; время зарядки фильтра $t_з$, ч; время работы фильтра с постоянным эффектом очистки $t_р$, ч; плотность материала загрузки $\rho_з$, кг/м^3).

При соблюдении условия использования в экспериментальной установке и в производственной системе очистки одной и той же загрузки и материала корпуса фильтра с одинаковой шероховатостью стенок количество определяющих процесс очистки параметров уменьшается.

2.4 Заключение по второй главе

1. Проведен анализ параметров, определяющих процесс очистки нефтесодержащих сточных вод на коалесцирующих фильтрах при различных условиях моделирования.

2. Составлены критериальные уравнения, являющиеся основой для различного моделирования процессов фильтрования на коалесцирующих фильтрах для экспериментальных исследований и для производственных условий.

3. Определены масштабы подобия и выбраны пределы оптимальных геометрических, кинематических и динамических параметров экспериментальных моделей и реальных производственных установок.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ГЛАВА 3
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД НА КОАЛЕСЦИРУЮЩИХ ФИЛЬТРАХ

3.1 Сооружения по очистке нефтесодержащих сточных вод автомобильного предприятия НПК ТОО «Автотранс»

В современных условиях ужесточаются требования по содержанию нефтепродуктов в сточных водах, сбрасываемых в водные объекты. Это соответственно влечет за собой повышение требований по содержанию нефтепродуктов в сточных водах, сбрасываемых предприятиями в коммунальные водоотводящие сети населенных пунктов. Одним из таких предприятий является научно-производственный комплекс «Автотранс» г. Алматы. На данном предприятии образуются производственные НСВ от мойки и технического обслуживания легковых автомобилей.

Качественные и количественные показатели состава и свойств НСВ научно-производственный комплекс «Автотранс» для различных групп производств приведены в табл. 3.1.

На территории предприятия действуют локальные очистные сооружения,

после которых очищенные НСВ сбрасываются в городскую водоотводящую сеть. Состав очистных сооружений предприятия включает в себя горизонтальные нефтеловушки и флотационные машины, то есть сточные воды подвергаются предварительной механической очистке и далее – флотации. Флотационные машины предусматривают процесс реагентной напорной флотации с применением реагента – сульфата алюминия. Технологическая схема существующих очистных сооружений предприятия приведена на рис. 3.1.

Нефтесодержащие сточные воды научно-производственного комплекса ТОО «Автотранс» по коллектору водоотводящей сети предприятия 1 поступают

Таблица 3.1 – Качественные и количественные показатели НСВ различных групп производств

Производство, цех, корпус	Расход сточных вод, м /сут	Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/дм^3	Режим отведения сточных вод
Компрессорная станция	62,4	взвешенные вещества	260	непрерывно с постоянным расходом
Аккумуляторный цех	82,1	взвешенные вещества нефтепродукты	270 180	непрерывно с постоянным расходом
Электромашинный цех	36,2	взвешенные вещества нефтепродукты	480 400	периодически
Секционный цех	45,0	взвешенные вещества нефтепродукты	350 155	периодически
Котельная	48,2	взвешенные вещества нефтепродукты	250 170	непрерывно с постоянным расходом
Итого по предприятию	273,9	взвешенные вещества нефтепродукты	305 210	непрерывно с переменным расходом

на нефтеловушку 2. Нефтеловушка представляет собой проточный горизонтальный отстойник, разделенный на две параллельно работающие

секции. Вода поступает в каждую секцию нефтеловушки через распределительные трубы и далее – щелевые перегородки. Всплывшие нефтепродукты отводятся в нефтесборник 15 емкостью 5 м^3 щелевой поворотной трубой.

Пройдя нефтеловушку, вода по выпускному коллектору попадает в резервуар-усреднитель 3, откуда насосом 4 подается на флотационные машины 5. Техническая характеристика насосов:

- марка ФВ 81/180;
- подача 35 м^3/ч;
- напор 13 м;
- 1 рабочий, 1 резервный.

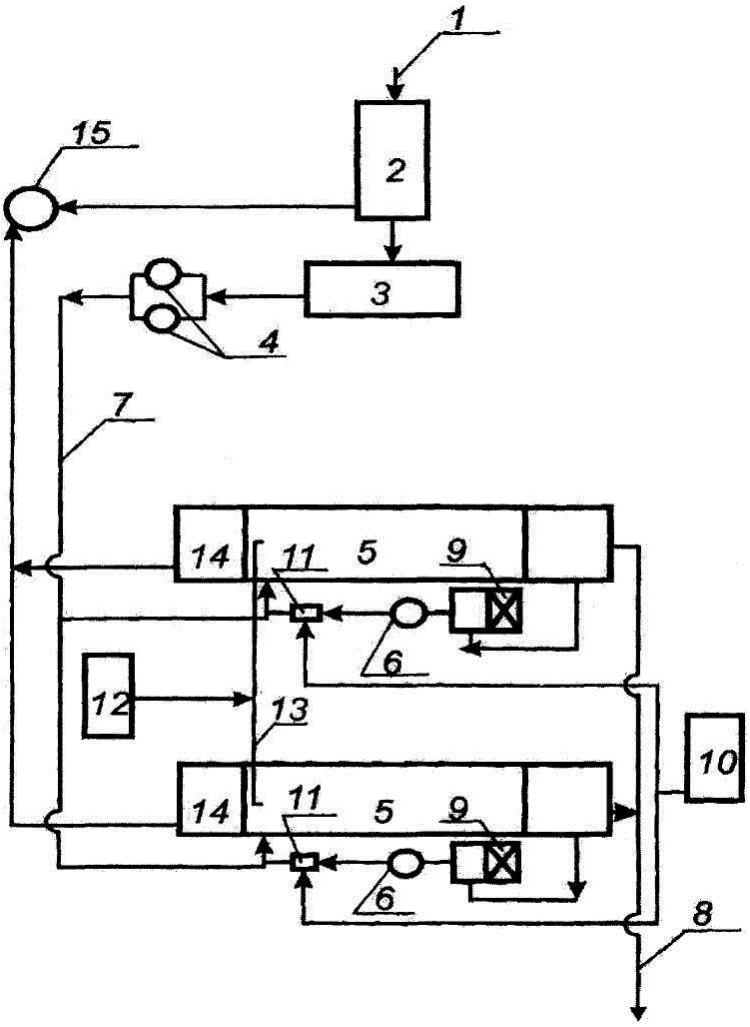


Рис. 3.1. Технологическая схема существующих очистных сооружений НПК «Автотранс»:

1 – коллектор водоотводящей сети; 2 – нефтеловушка; 3 – резервуар-усреднитель; 4 – насосы; 5 – флотационные машины (флотаторы); 6 – сатуратор (напорный бак); 7 – подача воды на флотаторы; 8 – сброс очищенной воды в городскую водоотводящую сеть; 9 – рециркуляционный насос; 10 – расходный бак коагулянта $Al_2(SO_4)_3$; 11 – эжектор для подачи раствора коагулянта; 12 – расходный бак полиакриламида; 13 – трубопровод подачи полиакриламида; 14 – карман сбора нефтепродуктов; 15 – нефтесборник.

Для физико-химической очистки сточных вод от нефтепродуктов и масел установлены две флотационные установки типа ЦНИИ-5 со следующей технической характеристикой:

- производительность 10 $м^3$/ч;
- установленная мощность 12 кВт;
- применяемый коагулянт – сернокислый алюминий, расход 100–300 г на 1 $м^3$ очищаемой воды в зависимости от качества поступающей воды.

Эффективность очистки НСВ предприятия на существующих очистных сооружениях приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Эффективность работы существующих очистных сооружений НПК «Автотранс

Сооружение	Загрязняющее вещество	Концентрация, мг/$дм^3$		Эффект очистки, %
		до очистки	после очистки	
Нефтеловушка	взвеш. вещества	305	107	65
	нефтепродукты	210	92	56,2
Флотомашины	взвеш. вещества	107	45	58
	нефтепродукты	92	23	75
Очистные сооружения в целом	взвеш. вещества	305	45	85,2
	нефтепродукты	210	9	95,7

Согласно действующим в настоящее время «Правилам приема производственных сточных вод в коммунальные сети водоотведения г. Алматы», содержание нефтепродуктов в сточных водах, сбрасываемых предприятиями в городские водоотводящие сети, не должно превышать 0,3 мг/дм^3. Существующая на предприятии схема очистки НСВ не позволяет достичь требуемого качества сбрасываемых сточных вод по содержанию нефтепродуктов. В связи с этим была поставлена цель разработки технологической схемы глубокой очистки НСВ, допускающей сброс очищенных стоков в коммунальные водоотводящие сети города Алматы или их использование в оборотной системе технического водоснабжения на предприятий автомобильного транспорта на примере автомоеек.

3.2 Описание экспериментальной установки

Для проведения исследований по очистке НСВ автомобильного предриятия на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена на локальных очистных сооружениях предприятия была смонтирована и установлена экспериментальная установка. Установка включает в себя три ступени очистки: тонкослойный блок и коалесцирующие фильтры I и II ступеней. Установка была размещена таким образом, что на нее могла бесперебойно подаваться реальная сточная вода предприятия. В период проведения экспериментальных исследований процесс флотации на флотационных машинах существующих очистных сооружениях депо не осуществлялся, то есть на экспериментальную установку поступала вода, прошедшая очистку только в нефтеловушках.

В связи со сложностью физических и гидравлических процессов, сопровождающих явление коалесценции частиц нефтепродуктов в слое гидрофобной зернистой загрузки, возможность математического изучения данных процессов представляется весьма затруднительной. В связи с этим

большую практическую значимость представляет экспериментальный путь отыскания исходных функций – зависимостей эффективности задержания нефтепродуктов, а также взвешенных веществ, от многих факторов, то есть на этом этапе исследований на уменьшенных моделях фильтров необходимо провести изучение процессов, протекающих в сооружении производственного масштаба, и установить соответствующие расчетные зависимости.

Экспериментальные исследования проводились на специально изготовленной описанной выше экспериментальной установке. Схема установки изображена на рис. 3.1, общий вид установки на стадии монтажа показан на рис. 3.2.

Установка состояла их трех основных блоков – тонкослойного отстойника, коалесцирующих фильтров первой и второй ступени. Все основные детали были выполнены из металла. Блок тонкослойного отстаивания III разделен вертикальной перегородкой 1 на две секции – исходной 2 и осветленной 3 воды.

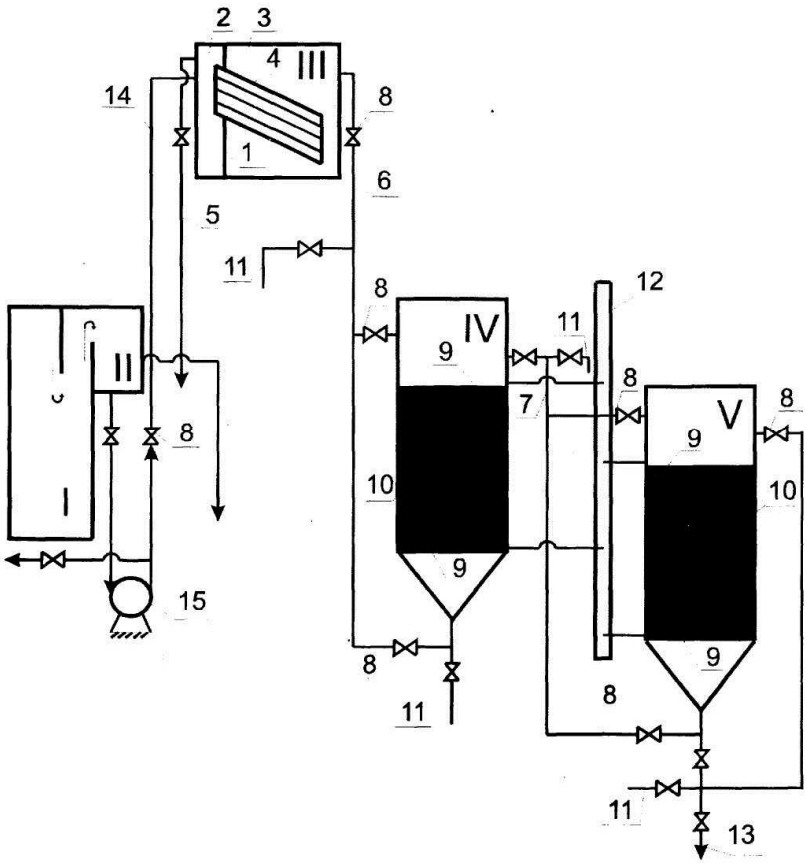


Рис. 3.2 – Схема экспериментальной установки:

I – флотатор; II – карман очищенной во флотаторе воды; III – блок тонкослойного отстаивания; IV – коалесцирующий фильтр первой ступени; V – коалесцирующий фильтр второй ступени: 1 – перегородка; 2 – секция исходной воды;

3 – секция осветленной воды; 4 – трубчатые элементы тонкослойного блока; 5 – трубопровод сброса нефтепродуктов; 6 – трубопровод подачи воды на фильтр IV; 7 – трубопровод подачи воды на фильтр V; 8 – вентили; 9 – поддерживающие сетчатые элементы; 10 – коалесцирующая загрузка; 11 – пробоотборники; 12 – пьезометрический щит; 13 – трубопровод сброса воды после фильтров;

14 – трубопровод подачи исходной воды на установку; 15 – рециркуляционный насос.

В перегородку вмонтированы трубчатые элементы 4 диаметром 25 мм и длиной 500 мм. Угол наклона элементов составлял 60°. С верхнего уровня секции исходной воды 2 по трубопроводу 5 сбрасывались задержанные нефтепродукты. Блок тонкослойного отстаивания обеспечивал стабильное качество воды, поступающей на фильтры. Из секции осветленной воды 3 по трубопроводу 6 вода поступала на коалесцирующий фильтр первой ступени IV и далее по трубопроводу 7 – на коалесцирующий фильтр второй ступени V. Фильтры первой и второй ступени были выполнены цилиндрическими диаметром 300 мм с коническими днищами. Общая высота фильтров – 1,75 м. Фильтры были снабжены поддерживающими сетчатыми элементами 9, предназначенными для поддерживания фильтрующей загрузки 10. При определении конструкции фильтров установки учитывались параметры, определенные по результатам моделирования, а также результаты анализа литературных данных.

В качестве гидрофобной полимерной зернистой загрузки был использован полипропилен по ГОСТ 26996-86*. Крупность зерен загрузки фильтра первой ступени составляла 3-4 мм, фильтра второй ступени – 1,5-3 мм. Обвязка

установки трубопроводами 6 и 7 подачи и отвода сточной воды на фильтры позволяла осуществлять процесс фильтрования с направлением движения воды в фильтрах как сверху вниз, так и снизу вверх. Для отбора проб служили пробоотборники 11, установленные после каждой ступени очистки. Регулирование расхода сточной воды, проходящего через установку, осуществлялось запорно-регулирующими вентилями 8.

Для определения потерь напора в фильтрующей загрузке с верхнего и нижнего уровня загрузки каждого фильтра были выведены пьезометры на пьезометрический щит 12. Сброс очищенной сточной воды после фильтров осуществлялся по трубопроводу 13. Исходная сточная вода на установку подавалась по трубопроводу 15 от рециркуляционного насоса 16, забирающего воду из кармана очищенной воды II флотатора I. Таким образом, исходной водой для экспериментальной установки служила «реальная» вода, прошедшая предварительную очистку на нефтеловушках действующих очистных сооружений НПК ТОО «Автотранс. Экспериментальная установка была смонтирована непосредственно в здании существующих очистных сооружений [156].

Промывка фильтров осуществлялась технической водой обратным током воды (снизу вверх). Для подачи промывной воды служил патрубок 16.

3.3 Методика исследований

Для анализа работы отдельных блоков экспериментальной полупроизводственной установки и её эффективности в целом в период проведения исследований на реальных сточных водах контролировались следующие параметры:

- параметры исходной воды, поступающей на установку после действующего флотатора: концентрации нефтепродуктов ($C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3) и взвешенных веществ ($C^{исх}_{вв}$, мг/дм^3);

- параметры воды после каждой ступени очистки на установке – по тонкослойного отстаивания, после фильтрования на коалесцирующих фильтрах первой и второй ступеней: концентрации нефтепродуктов ($C_{нфп}$, мг/дм^3), и взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3);

- направление движения воды в коалесцирующих фильтрах первой и второй ступеней;

- скорость фильтрования воды на коалесцирующих фильтрах первой и второй ступеней (V, м/ч);

- потери напора в фильтрующей загрузке коалесцирующих фильтров первой и второй ступеней.

При проведении экспериментальных исследований температура и pH НСВ оставались постоянными. Постоянной была принята высота слоя загрузки в колонках коалесцирующих фильтров первой и второй ступеней; она составляла 0,6 м для загрузки в плотном состоянии; расстояние между поддерживающими сетчатыми элементами было равно 0,9 м.

Таким образом, оценка исследований представляет собой многопараметровую задачу, в которой главным параметром, определяющим оптимальные режимы при тех или иных условиях, является эффект очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$, %) и взвешенным веществам ($Э_{вв}$, %), или концентрация данных загрязняющих веществ после каждой ступени очистки ($C_{нфп}$ и $C_{вв}$, мг/дм^3).

Для упрощения данной многопараметровой задачи из вышеперечисленных определяющих параметров были выделены следующие наиболее важные:

- направление потока воды в фильтрах;

- скорость фильтрования.

С учетом этого, экспериментальные исследования проводились в следующем порядке:

а) При постоянном диаметре зерен фильтрующей загрузки и постоянной скорости фильтрования менялось направление потока воды в фильтре; по результатам определялось оптимальное направление потока воды в фильтре –

сверху вниз или снизу вверх;

б) При оптимальном направлении потока воды в фильтре, определенном на первом этапе экспериментальных исследований, при постоянной скорости фильтрования исследовался эффект очистки ($Э_{нфп}$, %) на фильтрах с различной крупностью загрузки;

в) При выбранном направлении с подобранной последовательностью заполнения ступеней коалесцирующих фильтров загрузкой с различными диаметрами зерен исследовалась зависимость эффекта очистки ($Э_{нфп}$, %) от скорости фильтрования (V, м/ч).

Все замеры и отборы проб осуществлялись с момента начала фильтроцикла через промежутки времени 0,5-1 час. При этом на протяжении всего времени фильтроцикла скорость движения воды во всех блоках установки поддерживалась постоянной. Фильтроцикл при каждом режиме не прерывался до тех пор, пока в очищенной воде не наблюдалось увеличение концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ. После проведения исследования при одном определенном режиме фильтры промывались, устанавливался следующий режим и сразу начинался отбор проб. Пробы отбирались после каждого блока установки: после блока тонкослойного отстаивания, после фильтра первой ступени и после фильтра второй ступени.

Основным параметром, по которому оценивалась эффективность работы установки, была концентрация нефтепродуктов и взвешенных веществ в очищенной воде. Определение концентрации нефтепродуктов в пробах проводилось по стандартной методике гравиметрическим способом с экстрагированием пробы воды тетрахлоридом углерода [6]. Для определения концентрации нефтепродуктов отбиралась проба объемом не менее 1000 мл, а при низком (менее 1 мг/дм^3) содержании нефтепродуктов отбиралось до 3000 мл пробы, которая делилась на части объемом до 1000 мл. Экстракция проводилась из каждой части пробы отдельно и все экстракты соединялись. Определение концентрации взвешенных веществ в отобранных пробах проводилось по стандартной методике весовым методом с помощью бумажных

фильтров [6]. Для определения концентрации взвешенных веществ в каждый момент отбора проб отбирались три пробы объемом 100 мл каждая.

Показатели качества воды, поступающей на экспериментальную установку, приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Показатели качества воды

Показатель	Значение
Концентрация нефтепродуктов, мг/дм^3	85-100
Концентрация взвешенных веществ, мг/дм^3	75-120
Температура, °С	16-18
pH	7,0-7,5

Скорость фильтрования определялась по площади поперечного сечения фильтров и расходу воды, проходящему через них; Расход воды определялся по общепринятой методике – объемным способом. Периодически на протяжении фильтроцикла производилось измерение расхода, проходящего через установку, для контроля скорости движения воды.

Потери напора в фильтрующей загрузке определялись по разности показаний пьезометров, установленных в верхнем и нижнем уровнях загрузки.

3.4 Результаты экспериментальных исследований

Во время проведения исследований на экспериментальной установке в

полупроизводственных условиях было изучено следующее:

- зависимость остаточного содержания нефтепродуктов ($C_{нфп}$, мг/дм^3) после коалесцирующего фильтра от направления движения воды при фильтровании;

- зависимость остаточного содержания взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) после коалесцирующего фильтра от направления движения воды;

- зависимость остаточного содержания нефтепродуктов ($C_{нфп}$, мг/дм^3) после фильтров первой и второй ступеней от скорости фильтрования (V, м/ч);

- зависимость остаточного содержания взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) после фильтров первой и второй ступеней от скорости фильтрования (V, м/ч);

- определение путей оптимизации работы коалесцирующих фильтров: сокращение времени зарядки ($t_з$, ч) коалесцирующих фильтров и снижение концентрации нефтепродуктов в очищенной воде ($C_{нфп}$, мг/дм^3) в течение времени зарядки ($t_з$, ч).

Кроме вышеперечисленных зависимостей, были определены параметры реальной сточной воды, поступающей на установку, и эффекты очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$, %) и взвешенным веществам ($Э_{вв}$, %) в целом на установке и на отдельных ее блоках.

Исследования проводились в течение 2006-2012 годов в широком диапазоне изменения основных технологических параметров работы установки.

Сведения об объеме и характере исследований приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Технологические параметры в период исследований

Пределы изменения концентрации нефтепродуктов в воде, поступающей на установку, мг/дм^3	85-100
Пределы изменения концентрации взвешенных веществ в воде, поступающей на установку, мг/дм^3	75-120
Пределы изменения скорости фильтрования на фильтрах первой и второй ступени, м/ч	1,5-5,5

3.4.1 Исследование влияния направления потока нефтесодержащих сточных вод при фильтровании по нефтепродуктам

В задачу исследования на данном этапе входило определение эффективности задержания загрязняющих веществ НСВ автомобильного транспорта –нефтепродуктов и взвешенных веществ – при различном направлении фильтрующего потока в фильтре.

Конструкция полупроизводственной экспериментальной установки позволяла проводить исследования при направлениях потока воды в фильтре сверху вниз и снизу вверх. На предмет выявления оптимального направления исследования проводились для одноступенчатого фильтрования; был задействован фильтр первой ступени. На этом этапе исследования была принята (произвольно) скорость фильтрования V = 2,5 м/ч. Экспериментальные исследования для получения удовлетворительных по воспроизводимости результатов проводились в две серии. Отбор проб осуществлялся с момента начала подачи воды на фильтр и до момента времени, когда в очищаемой воде происходило увеличение (проскок) концентрации нефтепродуктов ($С_{нфп}$).

На рис. 3.3 приведены усредненные данные полученных значений ($С_{нфп}$) для фильтроцикла при фильтровании снизу вверх и сверху вниз, а также приведены значения эффекта очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$) для фильтроцикла при фильтровании снизу вверх и сверху вниз. На рис. 3.4 соответственно показаны графики изменений концентрации нефтепродуктов ($С_{нфп}$) и эффекта очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$). Из анализа данных этого этапа исследования можно сделать вывод о значительном влиянии направления фильтрования НСВ на значения $Э_{нфп}$ и время фильтроцикла $Т_{ф.ц}$.

Продолжительность фильтроцикла при фильтровании снизу вверх составила $Т_{ф.ц}$ = 27 ч; при фильтровании сверху вниз $Т_{ф.ц}$ = 32 ч (разница составляет 16%). Период работы фильтра ($t_р$), то есть период, когда концентрации нефтепродуктов в очищенной воде постоянны, при фильтровании снизу вверх был равен 18 ч; при фильтровании сверху вниз $t_р$ = 24 ч (разница составляет 25%). Средний эффект очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$) за время работы фильтра при направлении фильтрования сверху вниз

составил 93,8%; при направлении фильтрования снизу вверх эффект ($Э_{нфп}$) составил соответственно 71,5% (соответственно средние за период работы фильтра ($t_р$) концентрации нефтепродуктов в очищенной воде имели значения: при фильтровании сверху вниз – 1,9 мг/дм^3, при фильтровании снизу вверх – 8,5 мг/дм^3).

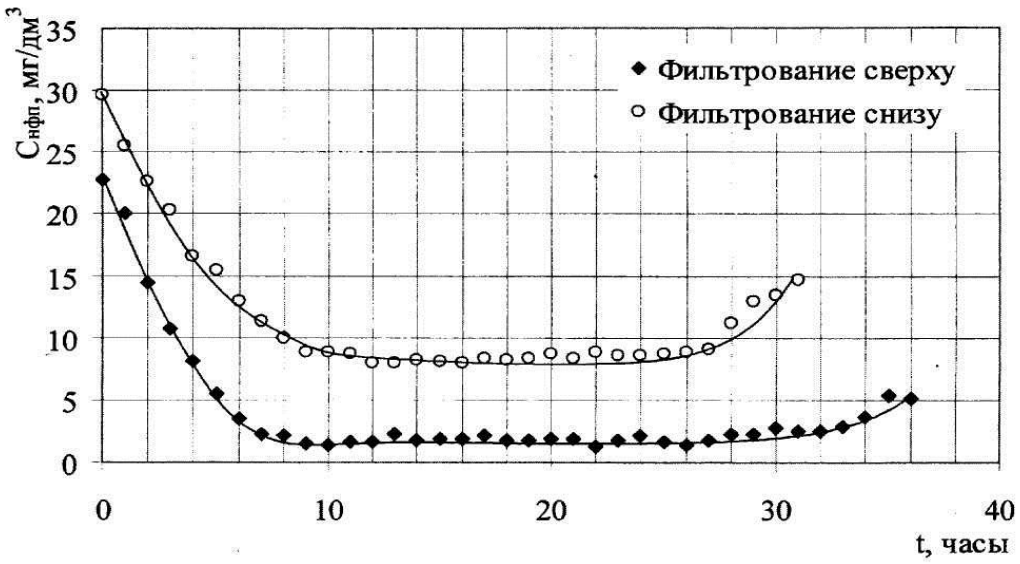


Рис. 3.3. График изменения концентрации нефтепродуктов $С_{нфп}$ в очищенной воде при различном направлении фильтрования.

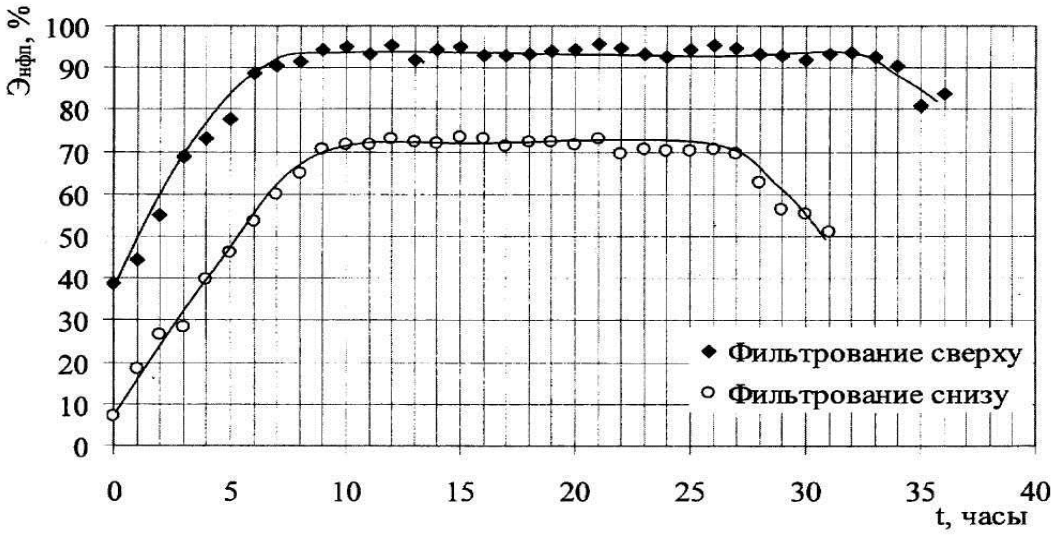


Рис. 3.4. График изменения эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$ при различном направлении фильтрования.

Таким образом, по результатам данного этапа экспериментальных исследований было определено оптимальной направление фильтрования НСВ

автомобильного транспорта на коалесцирующих фильтрах с гранулированной загрузкой – сверху вниз.

3.4.2 Исследование влияния скорости фильтрования нефтесодержащих сточных вод по нефтепродуктам

В задачу исследования на данном этапе входило определение влияния скорости фильтрования на эффект очистки по нефтепродуктам и взвешенным веществам. Фильтрование осуществлялось при направлении сверху вниз; НСВ подавались последовательно (после блока тонкослойного отстаивания) на фильтры первой и, далее, второй ступеней. В диапазоне скоростей, определенном ранее, были выбраны четыре значения скорости фильтрования (V, м/ч): 1,5; 2,5; 3,6; 5,5. Эксперименты проводились в две серии для получения удовлетворительных по воспроизводимости результатов. Определяющим параметром контроля работы фильтров являлись концентрации нефтепродуктов ($C_{нфп}$, мг/дм^3) и взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) в очищенной воде. Отбор проб осуществлялся через 0,5-1 ч в зависимости от скорости фильтрования (V, м/ч) и продолжительности фильтроцикла ($T_{ф.ц}$,ч) после фильтров первой и второй ступеней; эффект очистки определялся как для каждой ступени фильтрования, так и для двухступенчатого фильтрования в целом.

За период проведения данного этапа исследований концентрация нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтр первой ступени (исходная концентрация нефтепродуктов $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3) менялась в пределах 25-35 мг/дм^3. Относительная стабильность $C^{исх}_{нфп}$ при различных условиях работы локальных очистных сооружений локомотивного депо в целом обеспечивалась наличием

блока тонкослойного отстаивания в составе полупроизводственной экспериментальной установки.

На рис. 3.5 и 3.6 приведены графики изменения в период фильтроцикла, соответственно, концентраций $C_{нфп}$ в очищенной воде и эффекта $Э_{нфп}$ при скорости фильтрования V = 1,5 м/ч.

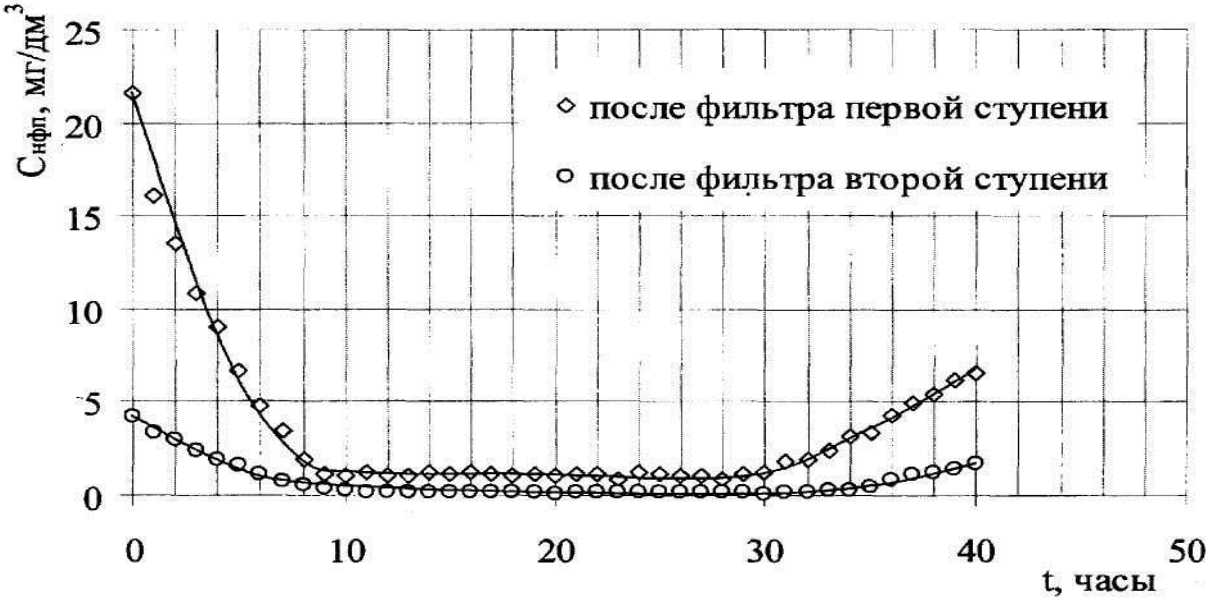


Рис. 3.5.Изменение концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 1,5 м/ч.

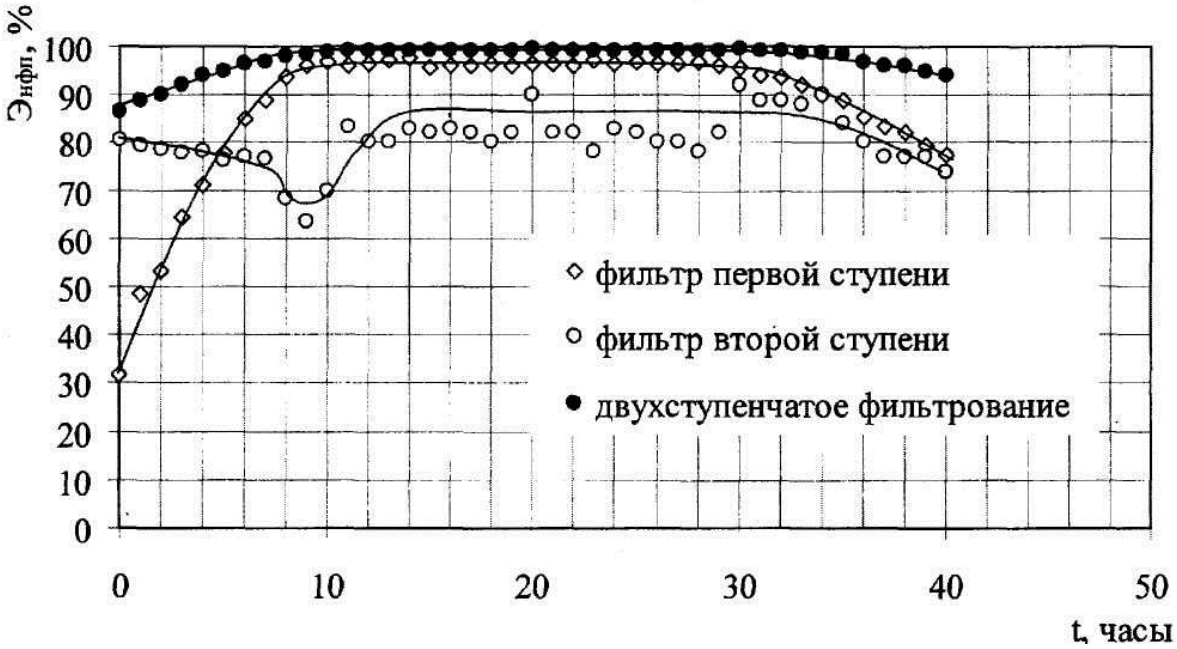


Рис. 3.6. Изменение эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 1,5 м/ч.

На рис. 3.7 и 3.8 приведены графики изменения в период фильтроцикла, соответственно, концентраций $С_{нфп}$ в очищенной воде и эффекта $Э_{нфп}$ при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

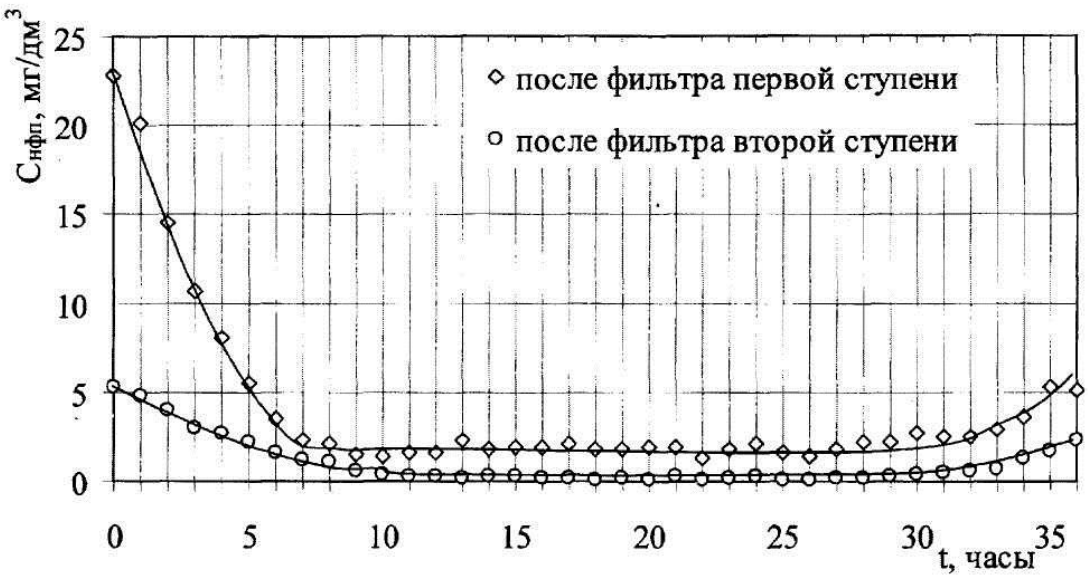


Рис. 3.7. Изменение концентрации нефтепродуктов $С_{нфп}$, мг/дм^3, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

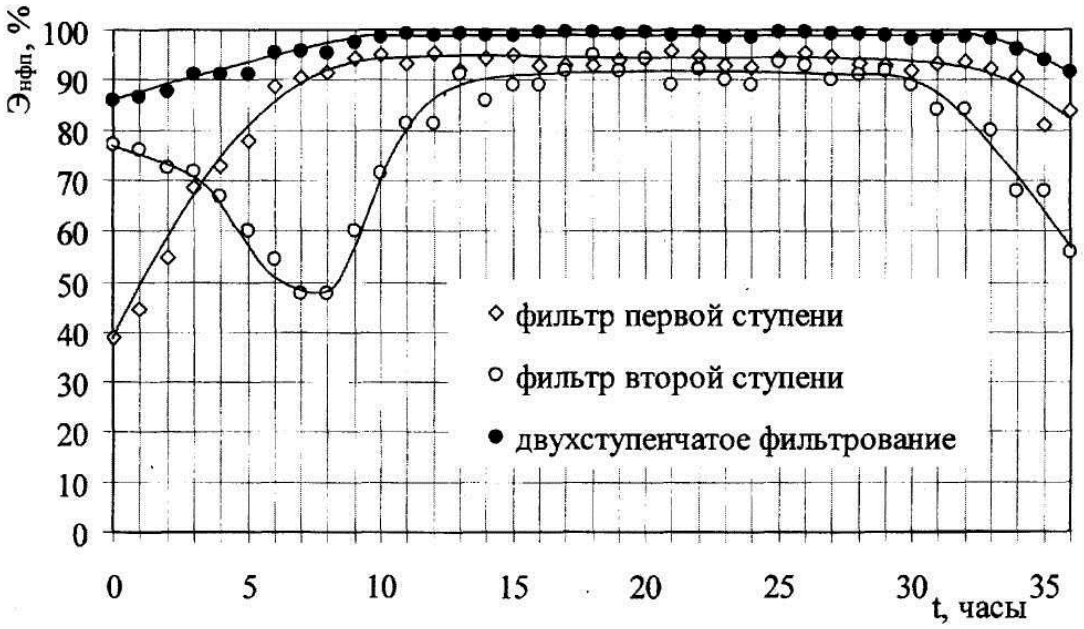


Рис. 3.8. Изменение эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

На рис. 3.9 и 3.10 приведены графики изменения в период фильтроцикла, соответственно, концентраций $С_{нфп}$ в очищенной воде и эффекта $Э_{нфп}$ при скорости фильтрования V = 3,6 м/ч.

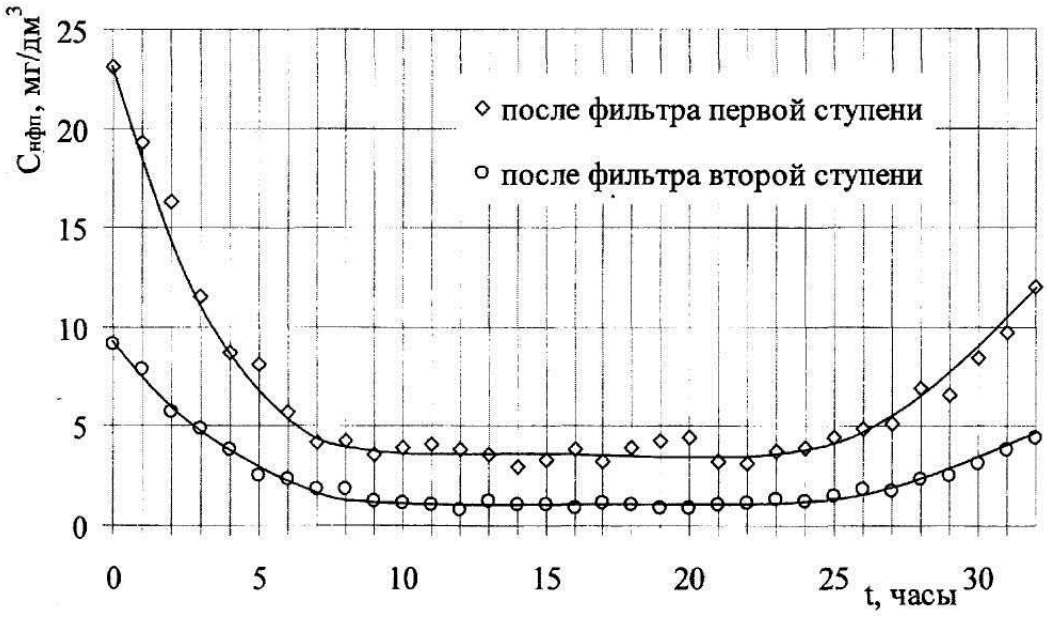


Рис. 3.9. Изменение концентрации нефтепродуктов $С_{нфп}$, мг/дм^3, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 3,6 м/ч.

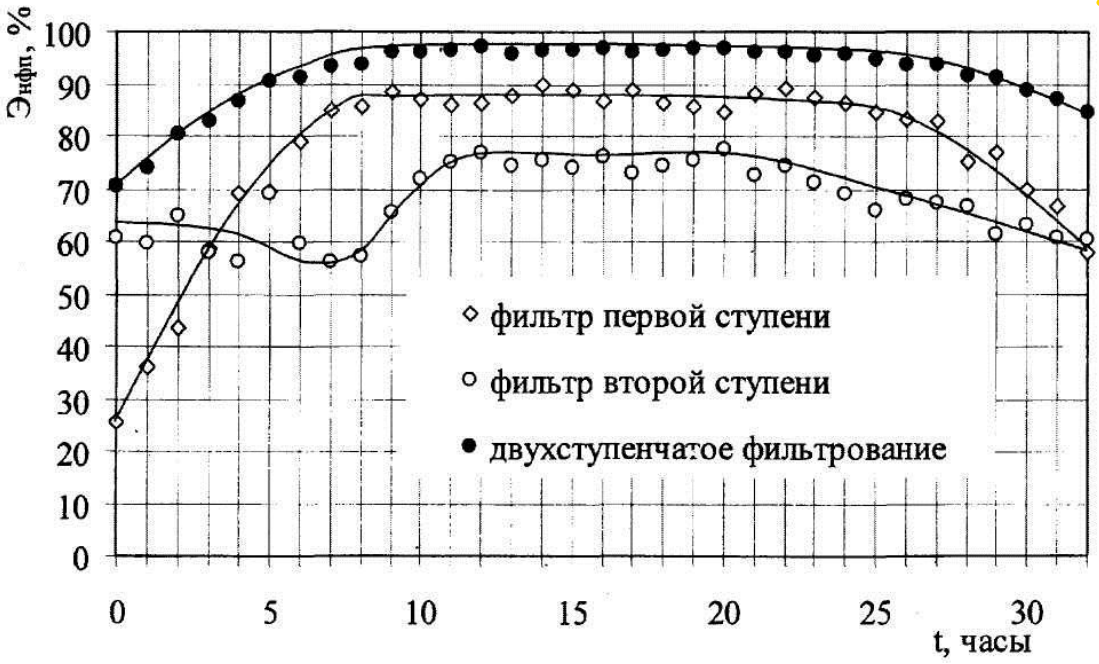


Рис. 3.10. Изменение эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 3,6 м/ч.

На рис. 3.11 и 3.12 приведены графики изменения в период фильтроцикла, соответственно, концентраций $С_{нфп}$ в очищенной воде и эффекта $Э_{нфп}$ при скорости фильтрования V = 5,5 м/ч.

Рис. 3.11. Изменение концентрации нефтепродуктов $С_{нфп}$, мг/дм^3, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 5,5 м/ч.

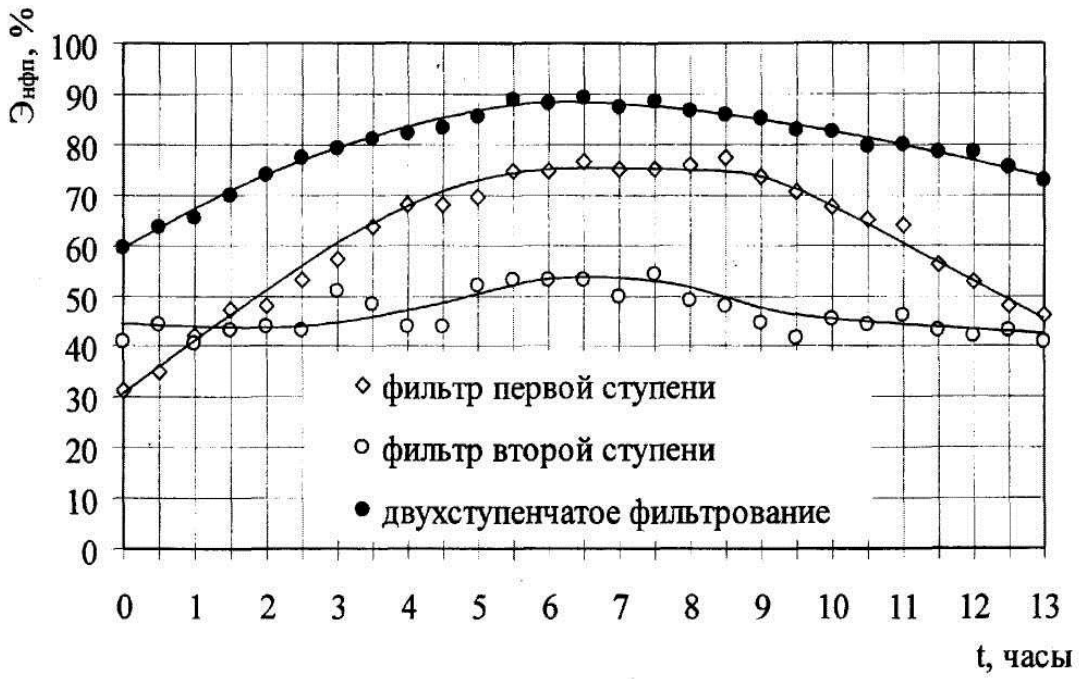


Рис. 3.12. Изменение эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 5,5 м/ч.

Проанализировав приведенные на рис. 3.5-3.12 полученные зависимости изменения концентраций нефтепродуктов в очищенной воде $C_{нфп}$ (и, соответственно, эффектов очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$) по времени фильтроцикла $T_{ф.ц}$, можно сделать следующие выводы [116,153]:

- скорость фильтрования значительно влияет как на эффект очистки на коалесцирующих фильтрах, так и на продолжительность фильтроцикла;

- фильтроцикл коалесцирующих фильтров имеет две составные качественно разные части: время зарядки $t_з$, то есть начальный период фильтроцикла, когда в результате поступления в слой коалесцирующего материала (загрузки фильтра) сточной воды, содержащей нефтепродукты, в результате соприкосновения гранул с нефтепродуктами происходит формирование и увеличение толщины пленки, заполнение наиболее узких поровых каналов и связывание нефтепродуктами основной массы частиц загрузки в единую гидравлическую систему [116] (в этот период качество очищенной воды отличается нестабильностью с постепенным уменьшением концентрации нефтепродуктов); время работы фильтра $t_р$, когда при сформировавшемся в слое загрузки слое нефтепродуктов процесс коалесценции

протекает стабильно, о чем свидетельствуют постоянные значения концентраций нефтепродуктов $C_{нфп}$ на выходе из фильтров.

Разделение фильтроцикла на периоды $t_з$ и $t_р$ показано на рис. 3.13 на примере результатов опытов при скорости фильтрования 2,5 м/ч для фильтра второй ступени (для значений $C_{нфп}$). На рис. 3.14 показано разделение фильтроцикла для тех же результатов, но на примере значений $Э_{нфп}$ двухступенчатого фильтрования.

Значения периодов $t_з$, $t_р$, $T_{ф.ц.}$ для всех исследованных значений скорости фильтрования V, м/ч, приведены в табл. 3.5 – для фильтра первой ступени, и в табл. 3.6 – для фильтра второй ступени. Зависимости данных периодов от скорости фильтрования приведены на рис. 3.15 и 3.16 для фильтров первой и второй ступеней соответственно [159.161].

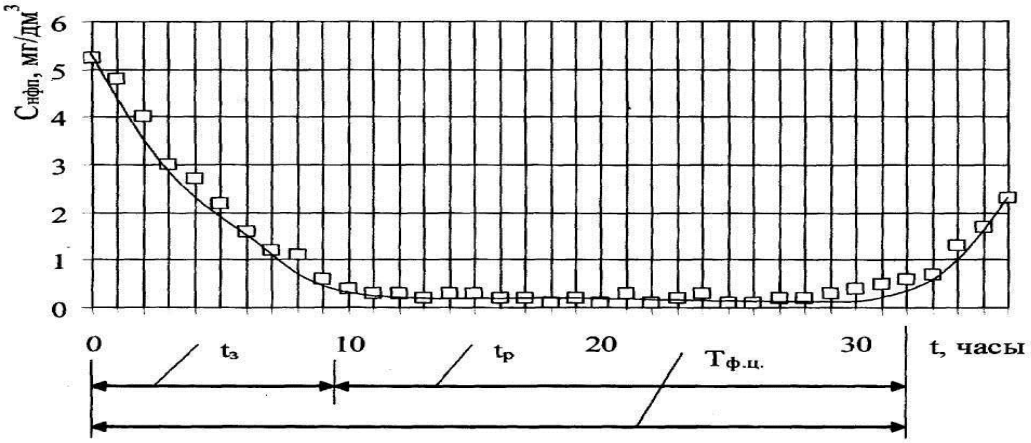


Рис. 3.13. Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$, зарядки фильтра $t_з$ и работы фильтра $t_р$ для фильтра второй ступени при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч при изменениях $C_{нфп}$.

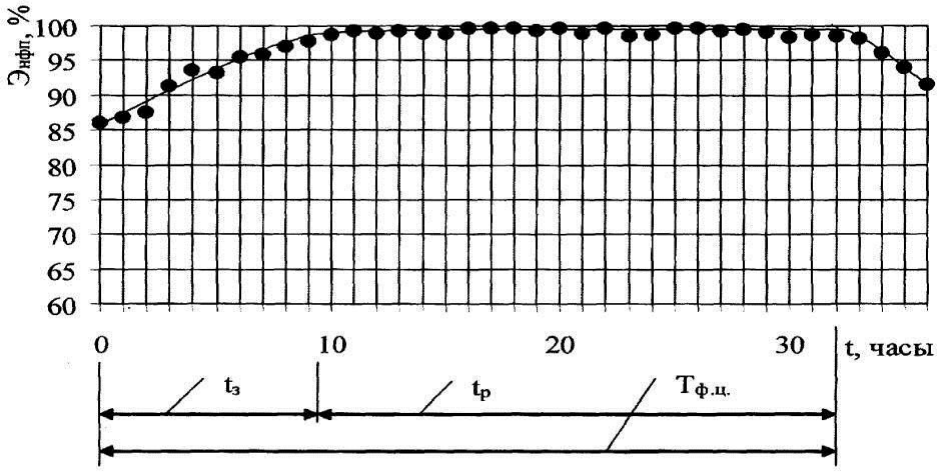


Рис. 3.14. Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$, зарядки фильтра $t_з$ и работы фильтра $t_р$ для двухступенчатого фильтрования при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч при изменениях $Э_{нфп}$.

Таблица 3.5 – Значения периодов $t_з$, $t_р$, $T_{ф.ц}$ для фильтра первой ступени при различных значениях V, м/ч

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
Время зарядки $t_з$, ч	8,5	7,5	6,5	4
Время работы $t_р$, ч	21,5	20,5	17,5	6
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч	30	28	24	10

Таблица 3.6 – Значения периодов $t_з$, $t_р$, $T_{ф.ц}$ для фильтра второй ступени при различных значениях V, м/ч

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
Время зарядки $t_з$, ч	10	9,5	8,5	3,5
Время работы $t_р$, ч	24	22,5	15,5	6,5
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч	34	32	24	10

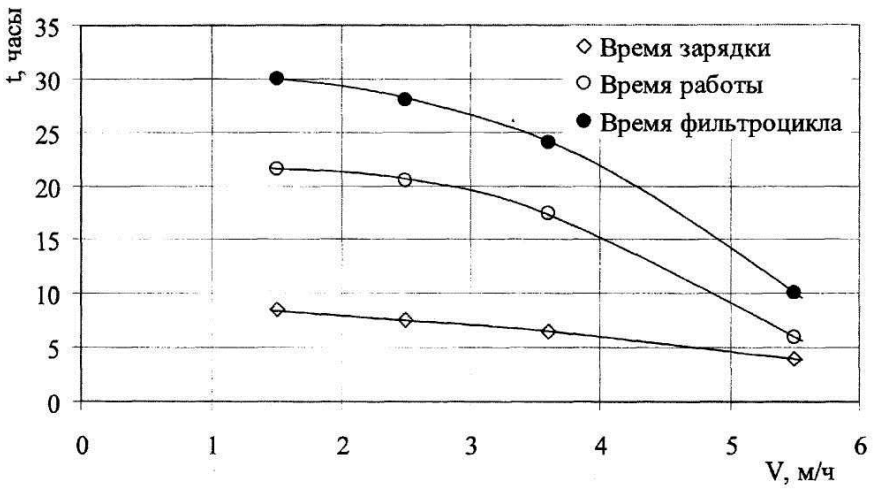


Рис. 3.15. Зависимость продолжительности времени зарядки $t_з$, времени работы $t_р$ и фильтроцикла $T_{ф.ц}$ для фильтра первой ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

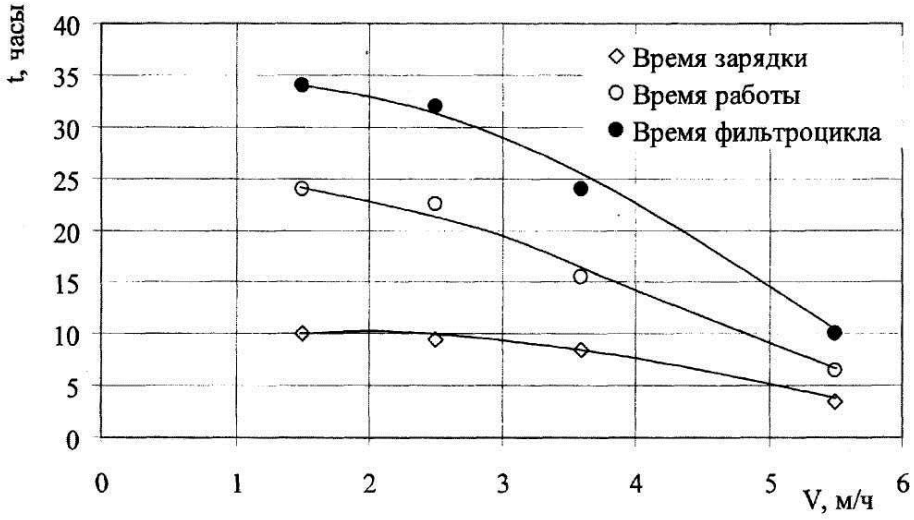


Рис. 3.16. Зависимость продолжительности времени зарядки $t_з$, времени работы $t_р$ и фильтроцикла $T_{ф.ц}$ для фильтра второй ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

Так как в периоды зарядки $t_з$ и работы фильтра $t_р$ качество воды на выходе из фильтра (а следовательно, и эффект очистки) во времени ведут себя по разному (меняются во время $t_з$ и постоянны во время $t_р$), то анализ зависимости $С_{нфп}$ и $Э_{нфп}$ от скорости фильтрования V, м/ч, был проведен для каждого значения скорости (V = 1,5; 2,5; 3,6; 5,5м/ч) отдельно для периодов $t_з$, $t_р$ и для периода $T_{ф.ц}$ в целом. Результаты приведены в табл. 3.7 и 3.8. Графически эти зависимости представлены на рис. 3.17-3.21.

Таблица 3.7 – Значения концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, в очищенной воде за периоды $t_з$, $t_р$, $T_{ф.ц}$

Период времени	Значение $C_{нфп}$, мг/дм^3, при скорости фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
После фильтра первой ступени				
Время зарядки $t_з$	9,8	10,9	13,2	14,1
Время работы $t_р$	1,1	1,8	3,7	7,3
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$	3,6	4,3	6,4	10,3
После фильтра второй ступени				
Время зарядки $t_з$	1,8	2,6	4,4	8,8
Время работы $t_р$	0,2	0,3	1,0	3,9
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$	0,7	1,0	2,3	5,6

Таблица 3.8 – Значения эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, за периоды $t_з$, $t_р$, $T_{ф.ц}$

Период времени	Значение $Э_{нфп}$, %, при скорости фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
1	2	3	4	5
Для фильтра первой ступени				
Время зарядки $t_з$	68,3	67,1	4,4	49,5
Время работы $t_р$	96,4	93,9	87,1	73,8
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$	88,2	86,5	77,9	63,1
Для фильтра второй ступени				
Время зарядки $t_з$	75,8	63,3	60,1	43,9

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5
Время работы $t_р$	83,3	88,7	73,6	48,6
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$	80,8	81,0	68,7	47,0
Для двухступенчатого фильтрования				
Время зарядки $t_з$	94,1	91,8	84,8	69,9
Время работы $t_р$	99,3	99,1	96,4	85,8
Время фильтроцикла $T_{ф.ц}$	97,7	96,9	92,2	80,3

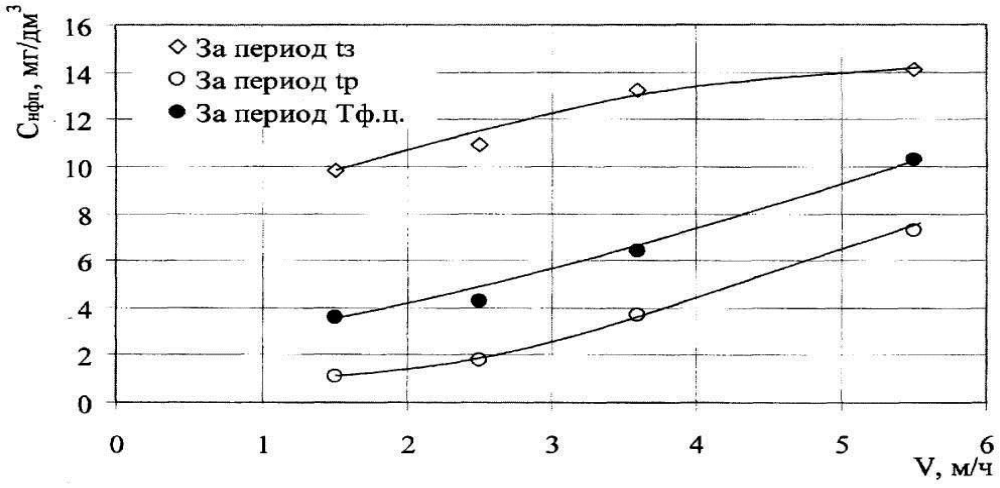


Рис. 3.17. Зависимость концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, после фильтра первой ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

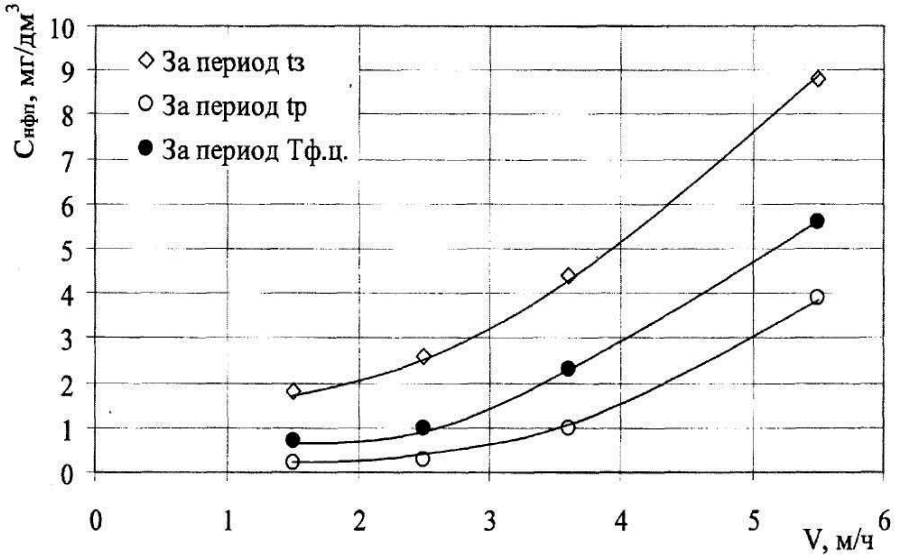


Рис. 3.18. Зависимость концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, после фильтра второй ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

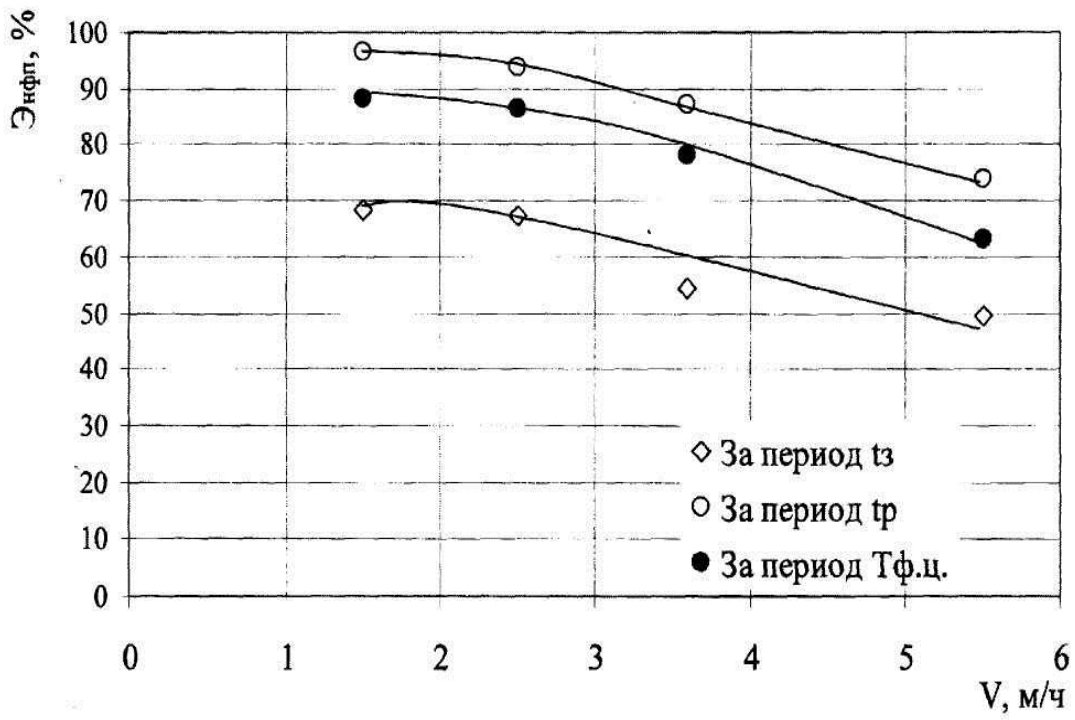


Рис. 3.19. Зависимость эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, на фильтре первой ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

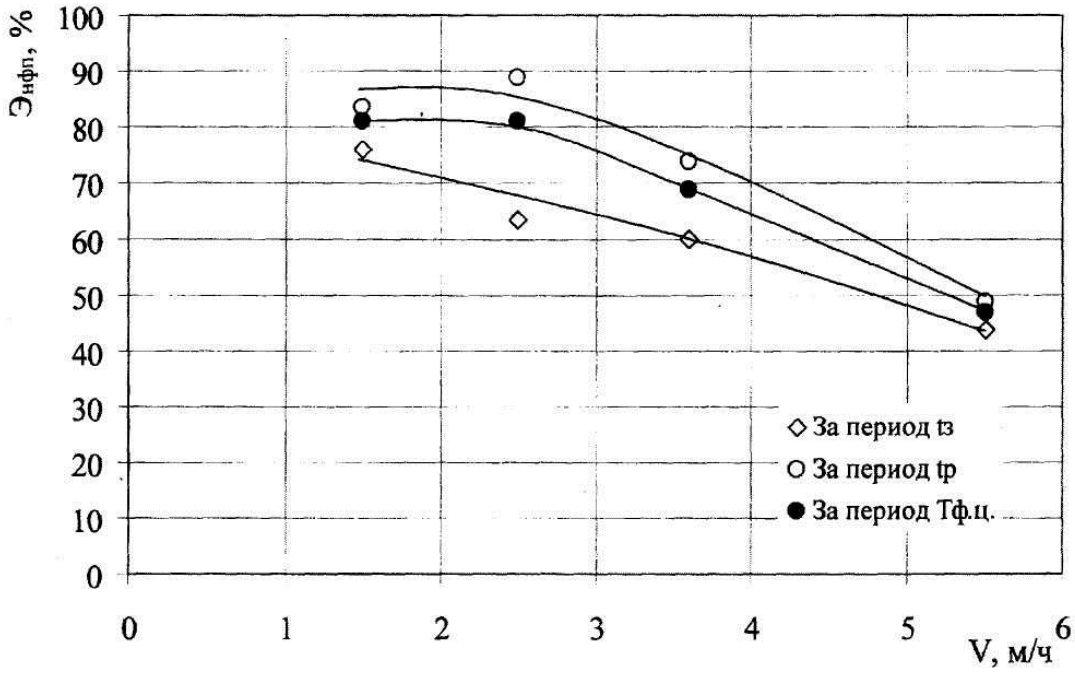


Рис. 3.20. Зависимость эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, на фильтре второй ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

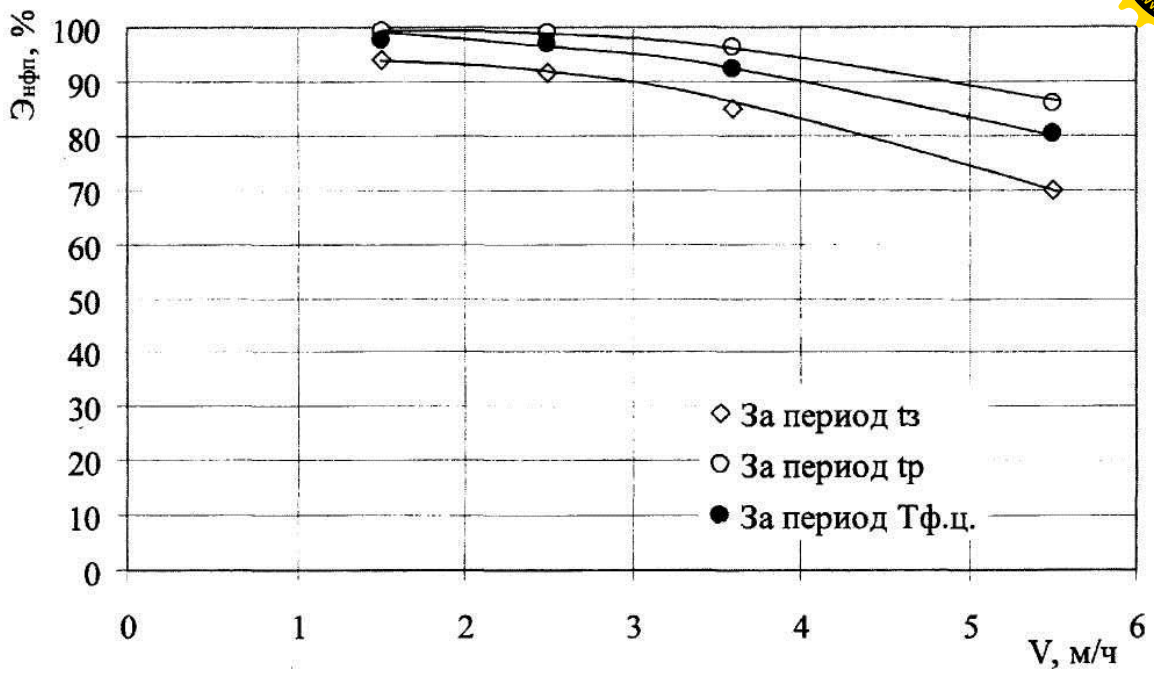


Рис. 3.21. Зависимость эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, при двухступенчатом фильтровании от скорости фильтрования V, м/ч.

Полученные результаты показывают снижение эффекта очистки при повышении скорости фильтрования. Так, при скорости фильтрования V = 1,5 м/ч эффект очистки (за период $t_р$) двухступенчатого фильтрования составляет 99,3% по сравнению с эффектом 85,8% при скорости фильтрования V = 5,5 м/час. Следует отметить, что в диапазоне скоростей фильтрования V = 1,5-2,5 м/ч не наблюдается резкого снижения эффекта очистки; кроме того, при скорости фильтрования 2,5 м/ч содержание нефтепродуктов в очищенной воде составляет

0,3 мг/дм^3, то есть при этой скорости фильтрования достигается требуемый эффект очистки. Кроме того, снижение скорости фильтрования ниже 2,5 м/ч приводит к понижению пропускной способности фильтров при незначительном повышении эффекта очистки. В связи с этим скорость фильтрования 2,5 м/ч была определена как оптимальная.

Одной из основных характеристик работы фильтров для очистки воды является грязеемкость загрузки. Поэтому на данном этапе исследований для режима фильтрования при направлении потока в фильтре сверху вниз для

различных скоростей фильтрования была определена объемная ($Г_v$, кг/м^3), массовая ($Г_m$, г/кг) грязеемкость фильтров первой и второй ступеней за период фильтроцикла $Т_{ф.ц}$. Объемная грязеемкость $Г_у$ показывает количество задержанных нефтепродуктов (в килограммах) на 1 м^3 загрузки; массовая грязеемкость $Г_m$ – граммы задержанных нефтепродуктов на 1 кг загрузки. Грязеемкость была определена в результате сопоставления концентраций нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтр, и в воде, выходящей из фильтра.

Объем загрузки для фильтров первой и второй ступеней был одинаковым и составлял в плотном состоянии (высота слоя загрузки 0,6 м) $V_п$ = 0,04239 м^3; в рабочем состоянии (при расстоянии между поддерживающими сетчатыми элементами 0,9 м) $V_р$ = 0,06358 м^3. Масса загрузки для фильтра первой ступени (плотность материала загрузки $ρ_1$ = 870 кг/м^3, насыпная масса загрузки m_{v1} = 548 кг/м^3) составила 23,2 кг; для фильтра второй ступени (плотность материала загрузки $ρ_2$ = 910 кг/м^3, насыпная масса загрузки m_{v2} = 560 кг/м^3) составила 23,7кг.

Объемная грязеемкость $Г_у$, кг/м^3, была определена по формуле:

$$Г_v = \frac{M^{нфп}}{V_p}, \qquad (3.1)$$

где $M^{нфп}$ – масса задержанных в слое фильтрующей загрузки нефтепродуктов, кг.

Массовая грязеемкость $Г_m$, г/кг, была определена по формуле:

$$Г_m = \frac{M^{нфп}}{m}, \qquad (3.2)$$

где m – масса загрузки в фильтре, кг.

Результаты расчетов грязеемкости при различных значениях скорости фильтрования приведены в таблицах 3.9 и 3.10 – соответственно для объемной и массовой грязеемкостей. По результатам, приведенным в табл. 3.9 и 3.10,

построены графики зависимостей $Г_v$ и $Г_m$ от скорости фильтрования V (рис. 3.22 и 3.23 соответственно). Проанализировав данные зависимости, можно сделать вывод о достаточно высоком значении грязеемкости фильтров при скорости фильтрования в диапазоне 2-4,5 м/ч.

Таблица 3.9 – Значения объемной грязеемкости $Г_y$ при различных скоростях фильтрования V

Фильтр	Объемная грязеемкость $Г_y$, кг/м^3, при значениях скорости фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
Первой ступени	1,297	1,99	2,17	1,09
Второй ступени	0,14	0,26	0,37	0,28

Таблица 3.10 – Значения массовой грязеемкости $Г_m$ при различных скоростях фильтрования V

Фильтр	Массовая грязеемкость $Г_m$, г/кг, при значениях скорости фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
Первой ступени	3,55	5,45	5,96	2,99
Второй ступени	0,38	0,69	1,0	0,75

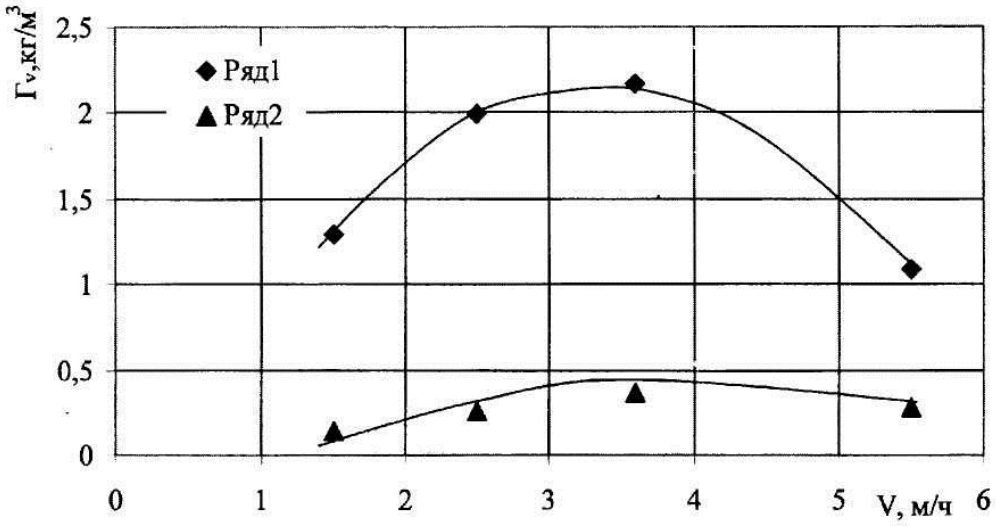


Рис. 3.22. Зависимость объемной грязеемкости $Г_y$, кг/м^3, от скорости фильтрования:

ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени

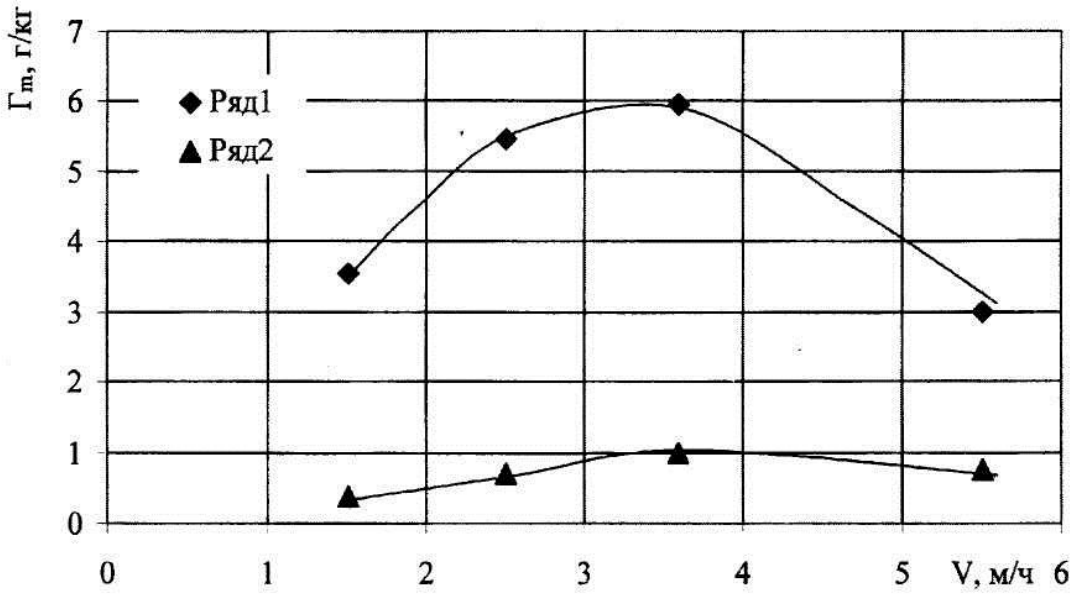


Рис. 3.23. Зависимость массовой грязеемкости $Г_m$, г/кг,

от скорости фильтрования:

ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени

3.4.3 Оптимизация работы коалесцирующих фильтров при очистке нефтесодержащих сточных вод

При анализе результатов фильтрования НСВ автомобильного транспорта на коалесцирующих полипропиленовых фильтрах наряду с высоким достигаемым эффектом очистки был выявлен существенный недостаток их работы. На начальном этапе фильтроцикла отмечается высокое содержание нефтепродуктов в очищенной воде. Этот отрезок фильтроцикла – так называемый период зарядки фильтра, то есть период, во время которого в слое фильтрующего материала происходит формирование слоя нефтепродуктов, в котором в дальнейшем протекает процесс коалесценции. Оставшееся время работы фильтра – время, на протяжении которого обеспечивается стабильное качество очищенной воды. При скорости фильтрования V = 2,5 м/ч средняя концентрация нефтепродуктов в очищенной воде после фильтра I ступени за время зарядки фильтра составила $С_{нфп}$ = 10,9 мг/дм^3, тогда как во время работы

фильтра

$C_{нфп}$ = 1,8 мг/дм^3; для фильтра второй ступени эти показатели соответственно равны 2,6 и 0,3 мг/дм^3, то есть содержание нефтепродуктов в очищенной воде в период зарядки фильтра превышает содержание в период его работы в среднем в 6-8 раз. Учитывая, что время зарядки фильтра составляет от 7,5 до 9,5 часов (при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч), можно сделать вывод о существенном отрицательном моменте работы фильтров, то есть налицо вынос высокого остаточного содержания нефтепродуктов на протяжении довольно длительного времени при довольно высоком эффекте очистки в период работы фильтра.

Для устранения данного недостатка в работе коалесцирующих фильтров необходимо было решить следующие задачи:

- сократить время зарядки ($t_з$) фильтров до возможно минимальной величины;
- понизить остаточное содержание нефтепродуктов в воде после фильтров на протяжении времени зарядки ($t_з$) фильтров.

Исследуемые коалесцирующие фильтры работают по принципу контактных коалесцирующих насадок, то есть их конечная роль сводится не к укрупнению эмульгированных капель нефтепродуктов с целью дальнейшего более эффективного отстаивания эмульсии, а к их задержанию в фильтре за счет коалесценции в слое этих же нефтепродуктов, при этом основную роль играют явления адгезии и смачивания нефтепродуктами поверхности олеофильных гранул загрузки. Таким образом, в течение времени зарядки фильтра ($t_з$) в загрузке фильтра происходит формирование слоя нефтепродуктов, необходимого для эффективного протекания процесса контактной коалесценции с обеспечением стабильного высокого эффекта очистки в течение времени работы фильтра ($t_р$).

Для решения обозначенных выше задач по оптимизации работы коалесцирующих фильтров было определено количество нефтепродуктов, задерживаемых в слое фильтрующей загрузки за период зарядки фильтра.

Данная величина была получена сопоставлением концентраций в исходной и очищенной воде для каждой ступени фильтров при фильтровании сверху вниз для различных значений скорости фильтрования (V, м/ч). При этом содержание нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтр первой ступени – $C_{нфп}^{исх}$, мг/дм^3, находилось в пределах 25-35 мг/дм^3.

Были получены значения количества задержанных нефтепродуктов в теле загрузки фильтра за период $t_з$ – $M_{з1}$, г, – для фильтра первой ступени, и $M_{з2}$, г, – для фильтра второй ступени (табл. 3.11).

Таблица 3.11 – Количество задержанных нефтепродуктов ($M_{з1}$, $M_{з2}$) в фильтрах первой и второй ступеней за время зарядки ($t_з$)

Скорость фильтрования V, м/ч	$M_{з1}$, г	$M_{з2}$, г
1,5	19,4	6,51
2,5	26,99	9,9
3,6	26,5	13,71
5,5	22,0	8,73

С целью получения некоторой удельной величины $M_з$, которая могла бы быть отнесена к коалесцирующим полипропиленовым фильтрам с размерами, отличными от размеров полупроизводственной экспериментальной установки, был произведен пересчет на единицу площади фильтра и получены удельные значения количества нефтепродуктов (в граммах нефтепродуктов на единицу площади фильтра) – зарядного количества нефтепродуктов, необходимого для создания зарядного слоя в период $t_з$ – для фильтра первой ступени $m_{з1}$, г/м^2, и для фильтра второй ступени $m_{з2}$, г/м^2. Результаты приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12 – Удельное зарядное количество задержанных нефтепродуктов за время зарядки ($t_з$) в фильтрах первой и второй ступени ($m_{з1}$, $m_{з2}$)

Скорость фильтрования V, м/ч	m_{31}, г/м^2	m_{32}, г/м^2
1,5	274,6	92,1
2,5	382,1	140,1
3,6	375,1	194,1
5,5	311,4	123,6

По значениям, приведенным в табл. 3.12, был построен график зависимости зарядного количества нефтепродуктов от скорости фильтрования для фильтров первой и второй ступеней (рис. 3.24).

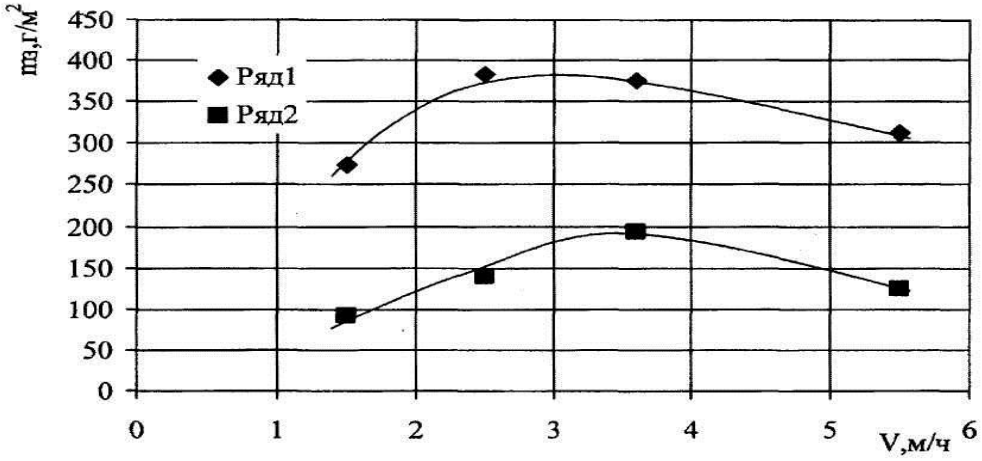


Рис. 3.24. Зависимость зарядного количества нефтепродуктов m_3, г/м^2, от скорости фильтрования V, м/ч:

ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени.

Далее на данном этапе исследования была поставлена цель отладить режим работы фильтров таким образом, чтобы в теле фильтра на момент начала каждого нового фильтроцикла оставалось количество нефтепродуктов m_{31} (m_{32}), то есть «зарядный» слой уже должен присутствовать в теле загрузки на момент начала фильтроцикла. Это может быть достигнуто в процессе регенерации (промывки) загрузки фильтра путем остановки промывки в определенный момент времени. Для выявления этого момента при промывке фильтра отбирались пробы промывной воды с целью определения распределения по времени количества выносимых из фильтра при промыве нефтепродуктов. Результаты были получены при интенсивности промывки (W) в диапазоне 4-12

л/(с·м^2) для фильтра первой ступени и 1-4 л/(с·м^2) – для фильтра второй ступени. Время промывки составило 3,6-9 мин. для фильтра первой ступени и 4,3-8,6 мин. – для фильтра второй ступени. Анализировался режим промывки после окончания фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

Результаты измерения продолжительности промывки ($t_{пр}$, мин), фильтров первой и второй ступеней при различной интенсивности промывки (W, л/(с·м^2)) приведены в табл. 3.13. По данным результатам построены графики зависимости $t_{пр}$ от интенсивности промывки фильтров W, л/(с·м^2) для фильтров первой и второй ступеней (рис. 3.25 и 3.26).

Результаты измерений изменения концентрации нефтепродуктов в промывной воде $C_{пр}$, мг/дм^3, в период времени промывки $t_{пр}$ при различной интенсивности промывки для фильтров первой и второй ступеней приведены в табл. 3.14 и 3.15. По их построены графики изменений концентрации нефтепродуктов в промывной воде ($C_{пр}$) за время промывки ($t_{пр}$) (рис. 3.27 и 3.28).

Таблица 3.13 – Продолжительность промывки $t_{пр}$ фильтров первой и второй ступеней при различной интенсивности W

Фильтр первой ступени		Фильтр второй ступени	
Интенсивность промывки W, л/(с·м^2)	Продолжительность промывки $t_{пр}$, мин	Интенсивность промывки W, л/(с·м^2)	Продолжительность промывки $t_{пр}$, мин
4	9,0	1	8,6
6	7,5		
8	5,3	2	7,0
10	4,1	3	5,6
12	3,6	4	4,3

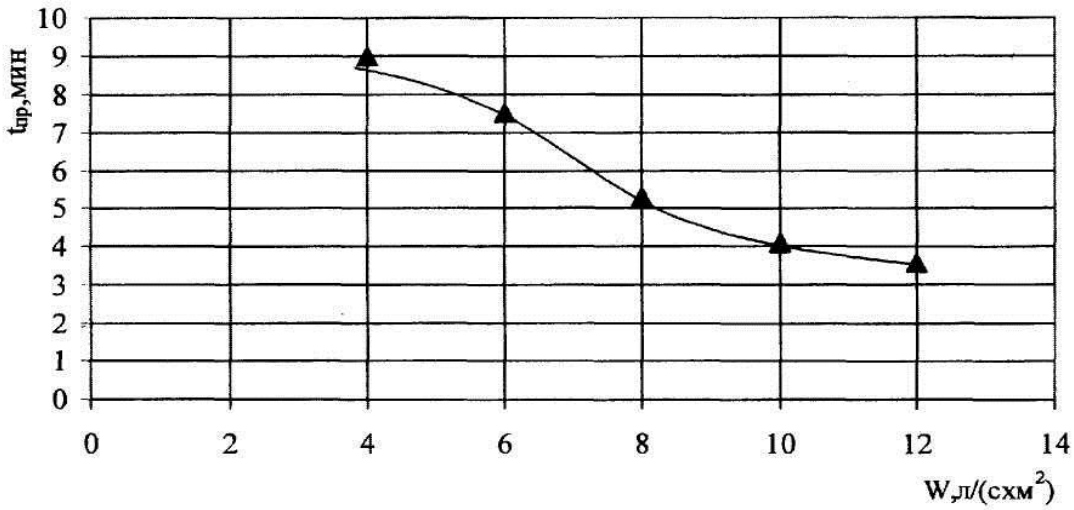


Рис. 3.25. Зависимость времени промывки $t_{пр}$, мин,

от интенсивности W, л/(с·м^2), для фильтра первой ступени.

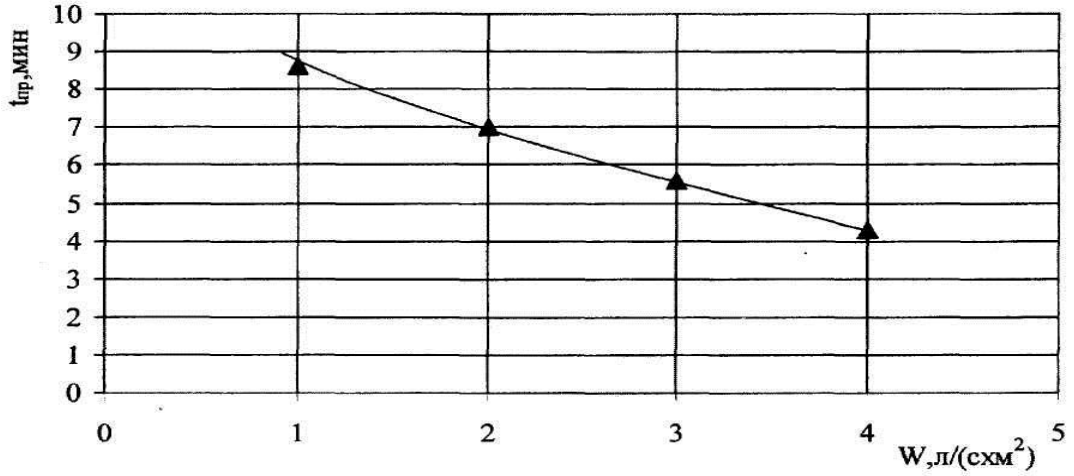


Рис. 3.26. Зависимость времени промывки $t_{пр}$, мин,

от интенсивности W, л/(с·м^2), для фильтра второй ступени.

Таблица 3.14 – Концентрация нефтепродуктов в промывной воде ($C_{пр}$)

за время промывки фильтра первой ступени

Момент отбора проб, с	Концентрация нефтепродуктов в промывной воде $C_{пр}$, мг/дм^3, при интенсивности промывки W, л/(с·м^2)				
	4	6	8	10	12
1	2	3	4	5	6
20	1350	1450	1520	1910	2185
40	1520	1570	1680	1985	2130
60	1575	1630	1740	1910	1010
80	1600	1660	1740	1410	582
100	1600	1650	1670	570	363

120	1590	1620	1200	256	210
140	1560	1520	480	162	143
160	1508	1200	300	114	90
180	1440	705	208	67	51
200	1340	447	134	35	28
220	1210	275	100	18	1,5
240	1048	190	64	9	–
260	865	138	37	1	–
280	685	112	21	–	–
300	550	86	12	–	–
320	465	73	2	–	–
340	390	58	–	–	–
360	330	41	–	–	–
380	270	32	–	–	–
400	220	24	–	–	–

Продолжение таблицы 3.14

1	2	3	4	5	6
420	172	14	–	–	–
440	130	10	–	–	–
460	90	4	–	–	–
480	60	–	–	–	–
500	42	–	–	–	–
520	21	–	–	–	–
540	5	–	–	–	–

Таблица 3.15 – Концентрация нефтепродуктов в промывной воде ($C_{пр}$) за время промывки фильтра второй ступени

Момент отбора проб, с	Концентрация нефтепродуктов в промывной воде $C_{пр}$, мг/дм^3, при интенсивности промывки W, л/(с·м^2)			
	1	2	3	4
20	800	880	940	1100
40	905	910	900	595
60	917	870	509	346
80	919	746	350	225
100	901	564	242	157
120	876	402	182	108
140	830	285	137	80
160	770	210	112	59
180	705	167	85	41
200	640	139	69	26

220	575	114	57	17
240	515	92	48	8
260	457	73	33	3
280	392	64	24	–
300	333	60	19	–
320	271	52	12	–
340	228	41	2	–
360	180	30	–	–
380	146	22	–	–
400	109	14	–	–
420	77	4	–	–
440	58	–	–	–
460	32	–	–	–
480	19	–	–	–
500	10	–	–	–
520	2	–	–	–

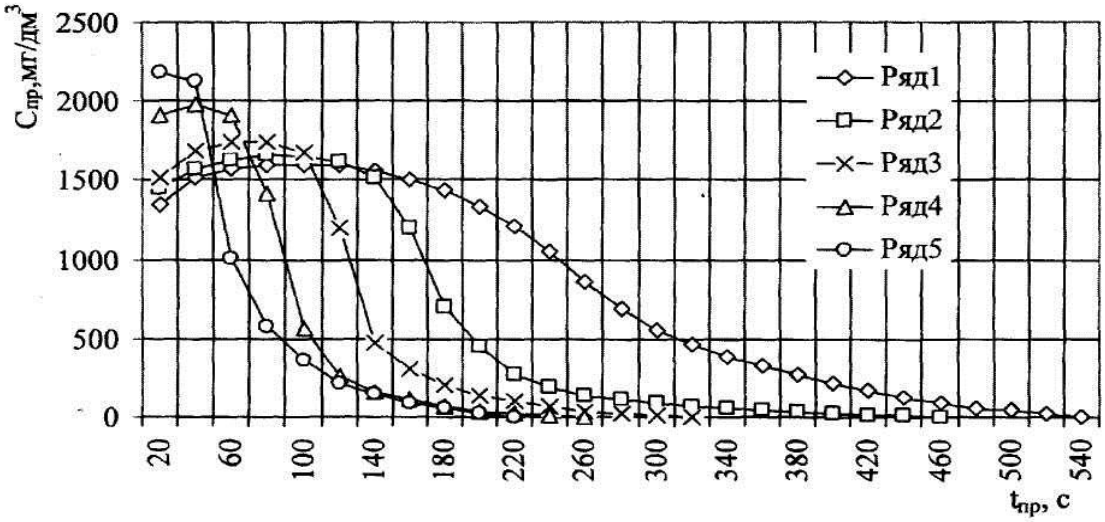


Рис. 3.27. Изменение концентрации нефтепродуктов $C_{пр}$, мг/дм^3, в промывной воде за время промывки $t_{пр}$, с, фильтра первой ступени при различной интенсивности промывки фильтра W, л/(с·м^2): ряд 1 – при интенсивности W = 4 л/(с·м^2); ряд 2 – при интенсивности W = 6 л/(с·м^2); ряд 3 – при интенсивности W = 8 л/(с·м^2); ряд 4 – при интенсивности W = 10 л/(с·м^2); ряд 5 – при интенсивности W = 12 л/(с·м^2).

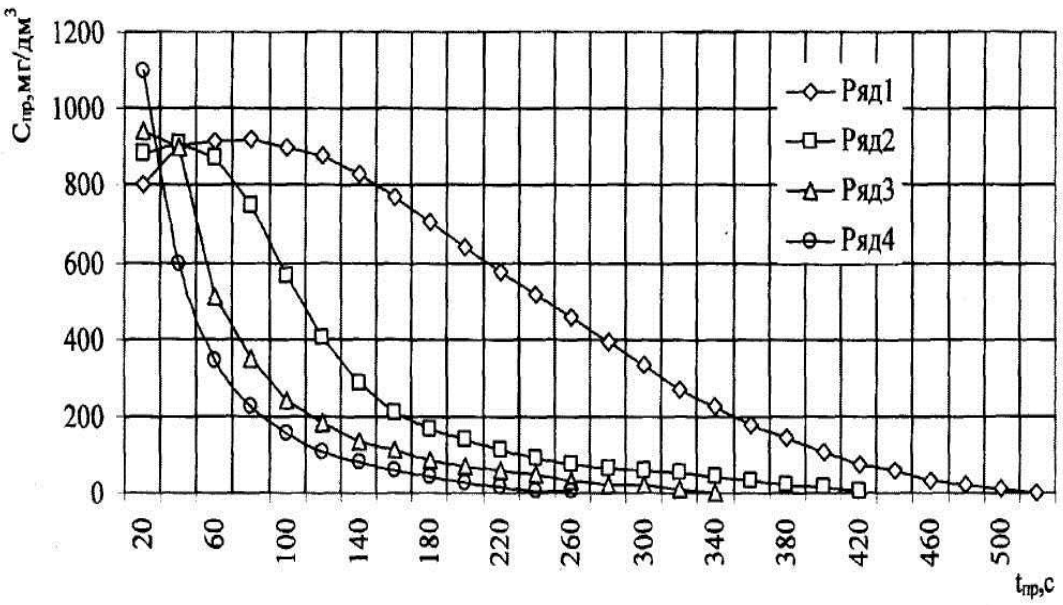


Рис. 3.28. Изменение концентрации нефтепродуктов $C_{пр}$, мг/дм^3, в промывной воде за время промывки $t_{пр}$, с, фильтра второй ступени при различной интенсивности промывки фильтра W, л/(с·м^2): ряд 1 – при интенсивности W = 1 л/(с·м^2); ряд 2 – при интенсивности W = 2 л/(с·м^2); ряд 3 – при интенсивности W = 3 л/(с·м^2); ряд 4 – при интенсивности W = 4 л/(с·м^2).

В результате анализа данных по концентрациям ($C_{пр}$), приведенным в табл. 3.14 и 3.15, и расчетов количества нефтепродуктов, которые остаются в теле загрузки фильтров по мере продолжительности промывки, были определены режимы промывки фильтров с условием сохранения в теле загрузки зарядного количества нефтепродуктов $m_{з1}$ и $m_{з2}$, г/м^2. Результаты приведены в табл. 3.16. Оптимальными с практической точки зрения являются следующие режимы промывки:

- для фильтра первой ступени $t_{пр}$ = 4 мин с интенсивностью W = 4 л/(с·м^2);
- для фильтра второй ступени $t_{пр}$ = 2 мин с интенсивностью W = 1 л/(с·м^2).

Таблица 3.16 – Режимы промывки фильтров первой и второй ступеней с условием сохранения в теле фильтра «зарядного» количества нефтепродуктов ($m_{з1}$, $m_{з2}$)

Фильтр первой ступени		Фильтр второй ступени'	
Интенсивность промывки	Продолжительность промывки $t_{пр}$, мин	Интенсивность промывки	Продолжительность промывки $t_{пр}$, мин

W, л/(с·м^2)		W, л/(с·м^2)	
4	4,0	1	2,0
6	2,7		
8	2,0	2	1,0
10	1,33	3	0,67
12	1,33	4	0,67

При условии промывки фильтров в данных режимах продолжительность фильтроцикла $T_{ф.ц}$ при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч составляет 23 ч; продолжительность зарядки фильтров не превышает 1 ч, что в 7,5-9,5 раз меньше времени зарядки при проведении промывки в обычном режиме. Кроме того, отмечено значительное снижение концентрации нефтепродуктов в очищенной воде в период зарядки фильтра: для фильтра первой ступени – с 10,4 мг/дм^3 до 3,6 мг/дм^3, для фильтра второй ступени – с 2,5 мг/дм^3 до 0,9 мг/дм^3.

На рис. 3.29 и 3.30 приведены графики изменения в период фильтроцикла, соответственно, концентраций ($C_{нфп}$, мг/дм^3) в очищенной воде и эффекта ($Э_{нфп}$, %) при тех же условиях промывки и фильтрования.

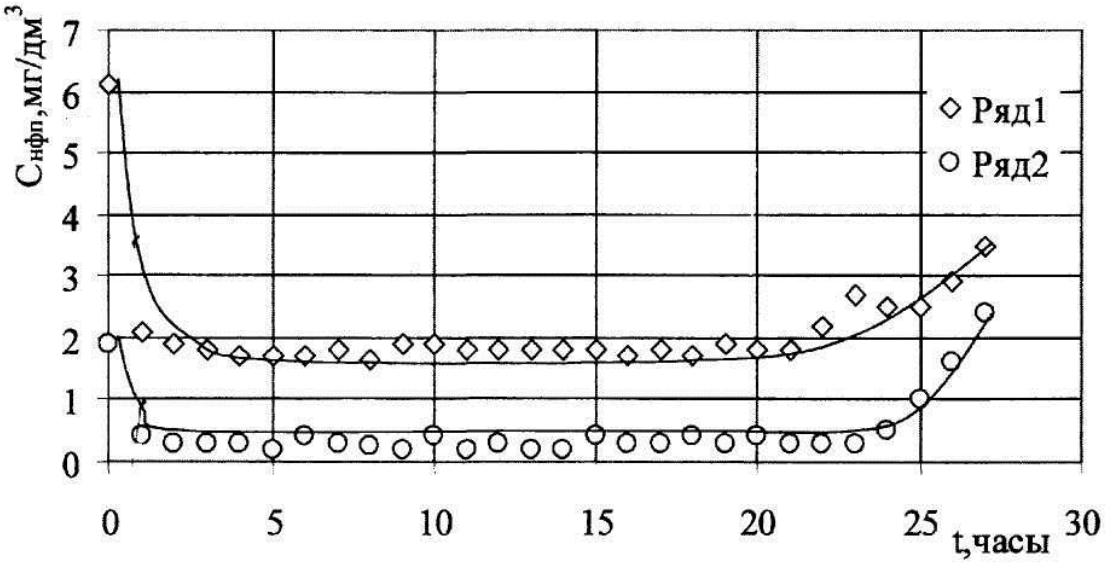


Рис. 3.29. Изменение концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, в очищенной воде в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч после промывки фильтров в оптимальных режимах: ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени.

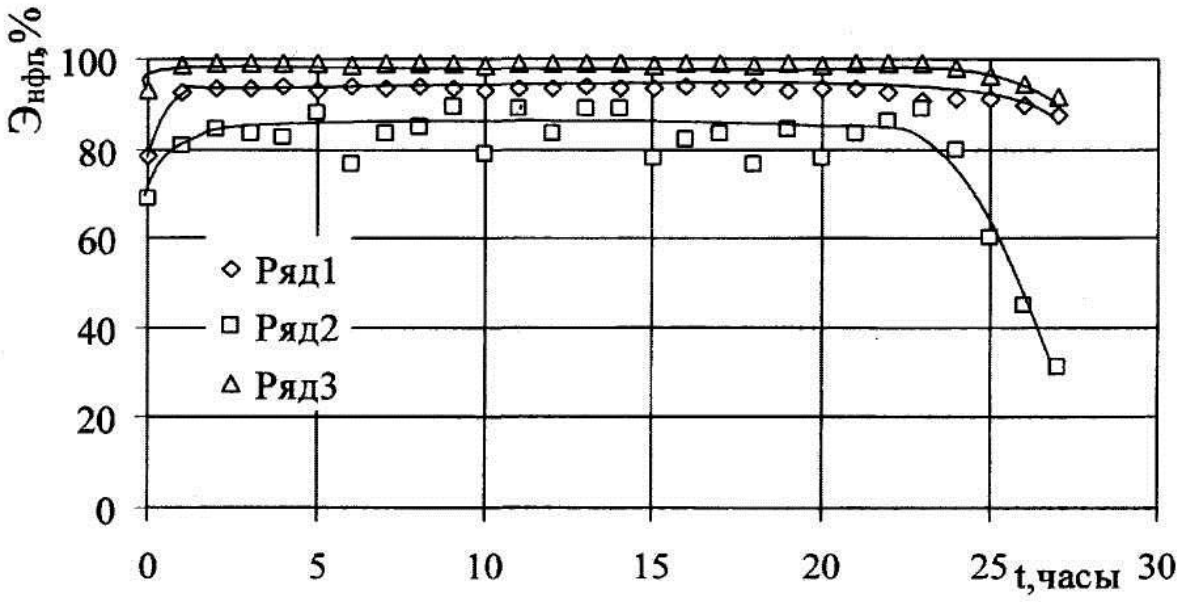


Рис. 3.30. Изменение эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч после промывки фильтров в оптимальных режимах: ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – дл фильтра второй ступени; ряд 3 – для двухступенчатого фильтрования

На данном этапе исследований также была определена грязеемкость (массовая и объемная) фильтров первой и второй ступени за период фильтроцикла при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч после промывки фильтров в оптимальных режимах. В табл. 3.17 приведены значения (для режима фильтрования при V = 2,5 м/ч) грязеемкости фильтров первой и второй ступеней: при обычном фильтровании – $Г_m$ и $Г_v$; зарядная грязеемкость (приведенная к размерности массовой и объемной) – $m_{зm}$ и $m_{зv}$; грязеемкость фильтров после промывки в оптимальном режиме – $Г_m^{опт}$ и $Г_v^{опт}$.

Таблица 3.17 – Значения грязеемкости фильтров первой и второй ступеней при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч

Грязеемкость	Фильтр первой ступени	Фильтр второй ступени
При обычном фильтровании:		
массовая грязеемкость $Г_m$, г/кг	5,45	0,69
объемная грязеемкость $Г_y$, кг/м^3	1,99	0,26
Зарядная грязеемкость:		
массовая $m_{зm}$, г/кг	1,16	0,42
объемная $m_{зv}$, кг/м^3	0,42	0,16
При фильтровании после промывки в оптимальном режиме:		
массовая грязеемкость $Г_m^{опт}$, г/кг	4,28	0,28
объемная грязеемкость $Г_v^{опт}$, кг/м^3	1,56	0,103

При анализе данных табл. 3.17 можно сделать вывод, что при промывке фильтров в оптимальном режиме грязеемкость фильтров снижается в 1,3 раза для фильтра первой ступени, и в 2,5 раза для фильтра второй ступени.

Были проведены фильтроциклы (при условии промывки фильтров в оптимальном режиме) при всех исследуемых значениях скорости фильтрования:

V = 1,5; 2,5; 3,6; 5,5 м/ч. Для каждого значения скорости фильтрования были получены значения:

- концентрации нефтепродуктов в очищенной воде ($С_{нфп}$, мг/дм^3) (средние значения за время $Т_{ф.ц}$);

- эффект очистки по нефтепродуктам ($Э_{нфп}$, %) (средние значения за время $Т_{ф.ц}$);

- продолжительность фильтроцикла ($Т_{ф.ц}$, ч).

В табл. 3.18 приведены значения $С_{нфп}$, мг/дм^3; в табл. 3.19 – значения $Э_{нфп}$, %, в табл. 3.20 – значения $Т_{ф.ц}$, ч.

Таблица 3.18 – Значения концентрации нефтепродуктов $С_{нфп}$, мг/дм^3, в

очищенной воде за период $T_{ф.ц}$ после промывки в оптимальном режиме

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
$C_{нфп}$, мг/дм^3, после фильтра первой ступени	1,51	2,04	4,08	7,84
$C_{нфп}$, мг/дм^3, после фильтра второй ступени	0,23	0,30	1,32	4,36

Таблица 3.19 – Значения эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, в очищенной воде за период $T_{ф.ц}$ после промывки в оптимальном режиме

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
$Э_{нфп}$, %, после фильтра первой ступени	95,05	93,1	86,3	71,9
$Э_{нфп}$, %, после фильтра второй ступени	84,8	84,3	68,9	44,4
$Э_{нфп}$, %, после двухступенчатого фильтрования	99,2	98,9	95,7	84,3

Таблица 3.20 – Значения продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, после промывки фильтров в оптимальном режиме

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
$T_{ф.ц}$, ч, для фильтра первой ступени	22	21	18	7
$T_{ф.ц}$,ч, для фильтра второй ступени	24	23	18	7

По данным, приведенным в табл. 3.18 и 3.19, построены, соответственно, графики зависимостей $C_{нфп}$, мг/дм^3, $Э_{нфп}$, %, от скорости фильтрования (V, м/ч) при условии промывки фильтра в оптимальном режиме. Данные графики приведены на рис. 3.31 и 3.32 соответственно.

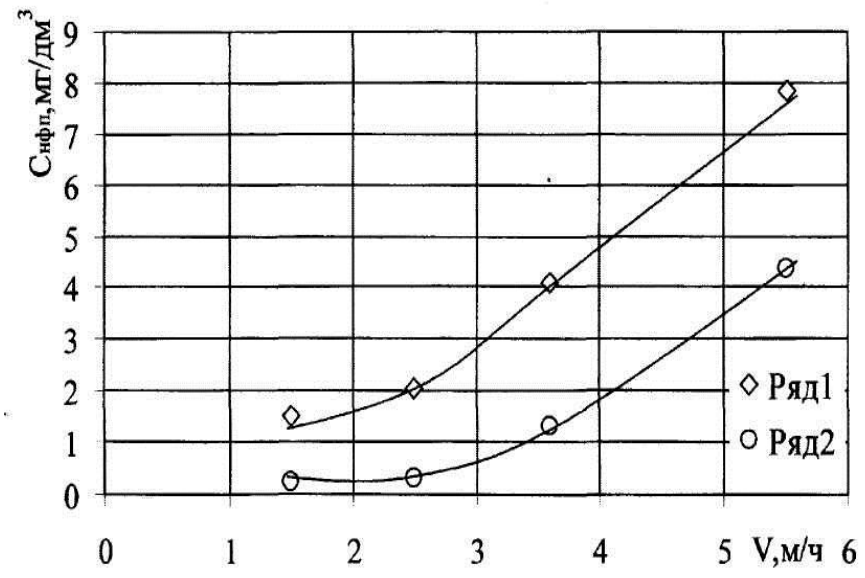


Рис. 3.31. Зависимость концентрации нефтепродуктов $C_{нфп}$, мг/дм^3, от скорости фильтрования V, м/ч при промывке в оптимальном режиме: ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени.

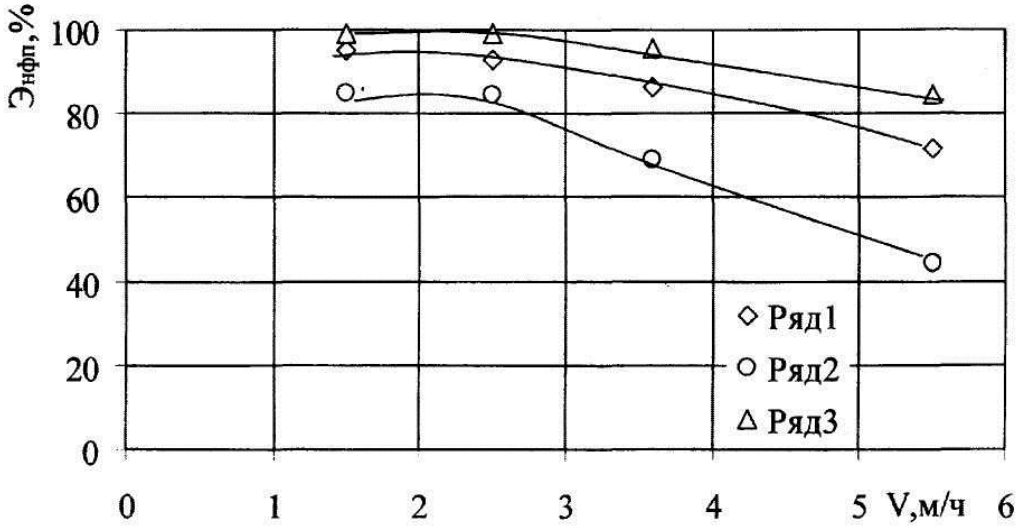


Рис. 3.32. Зависимость эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, от скорости фильтрования V, м/ч при промывке в оптимальном режиме: ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени; ряд 3 – для двухступенчатого фильтрования.

На первом этапе исследований анализировалась работа фильтра первой ступени. Исходная концентрация нефтепродуктов ($C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3) (в данном случае после блока тонкослойного отстаивания или непосредственно после

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

флотомашин) изменялась в диапазоне 8-100 мг/дм^3. Были получены результаты фильтрования при восьми различных значениях $C^{исх}_{нфп}$ в данном диапазоне. Результаты исследований приведены в табл. 3.21. По этим данным построен график зависимости продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, для фильтра первой ступени от $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 (рис. 3.33).

Таблица 3.21 – Значения продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, фильтра первой ступени при различных значениях $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч

$C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 (средняя)	9,1	17,2	28,6	35,9	47,8	63,3	78,8	97,0
$T_{ф.ц}$, ч	78	37	21	17	12,5	9	7,5	6

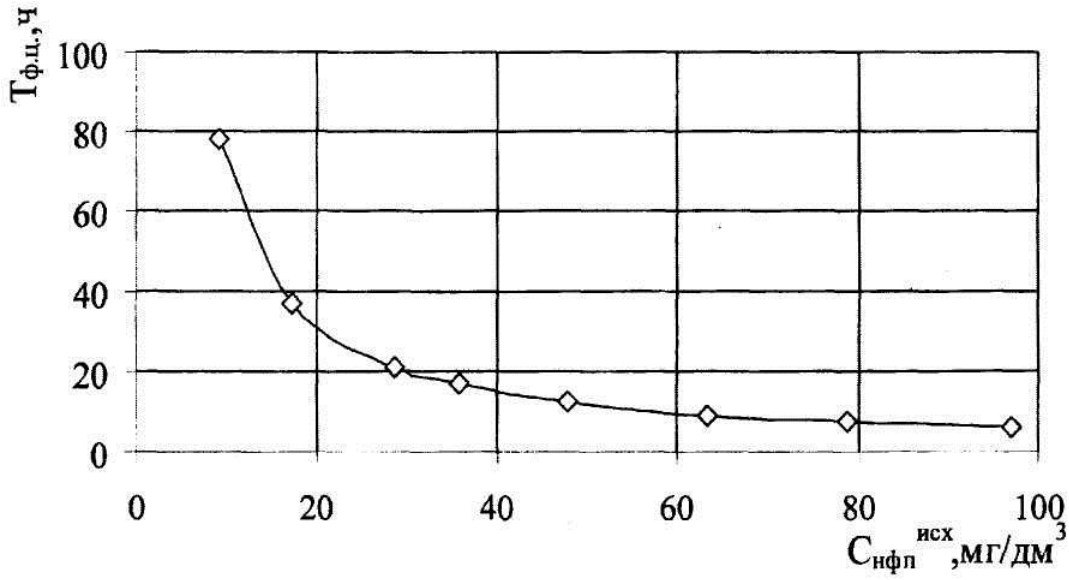


Рис. 3.33. Зависимость продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, фильтра первой ступени от исходной концентрации нефтепродуктов $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

Время зарядки ($t_з$, ч) для фильтра первой ступени при всех значениях $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3, не превышало 1 ч.

На втором этапе исследований анализировалась работа фильтра второй

ступени. Исходная концентрация нефтепродуктов ($C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3) (в данном случае после фильтра первой ступени или непосредственно после блока тонкослойного отстаивания) изменялась в диапазоне 1-10 мг/дм^3. Были получены результаты фильтрования при пяти различных значениях $C^{исх}_{нфп}$ в данном диапазоне. Результаты исследований приведены в табл. 3.22. По данным этой построен график зависимости продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, для фильтра второй ступени от $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 (рис. 3.34).

Таблица 3.22 – Значения продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, фильтра второй ступени при различных значениях $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч

$C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 (средняя)	1,0	1,8	3,5	6,3	9,4
$T_{ф.ц}$, ч	54	23	12	7	4

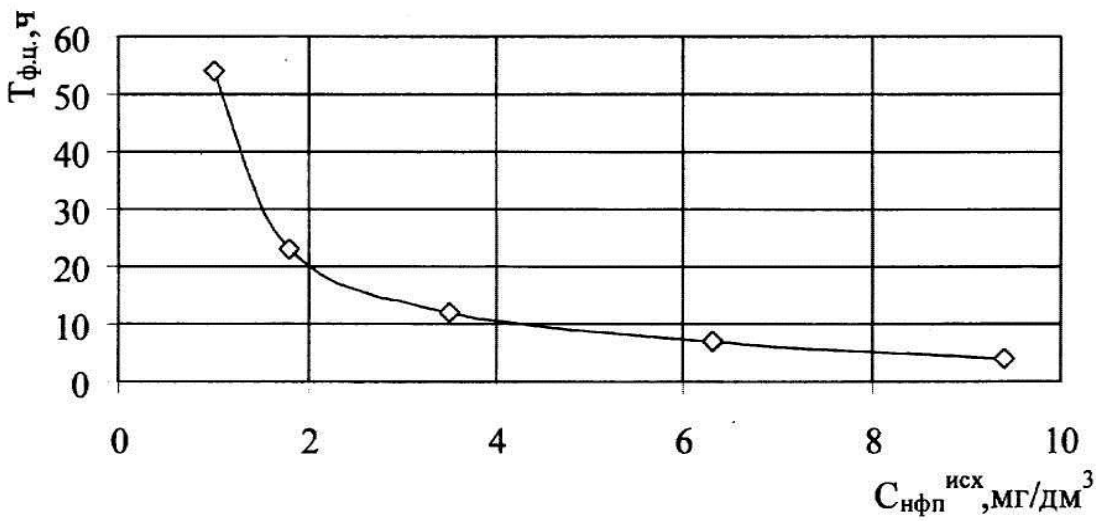


Рис. 3.34. Зависимость продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$, ч, фильтра второй ступени от исходной концентрации нефтепродуктов $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3, при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч.

Время зарядки ($t_з$, ч) для фильтра второй ступени при всех значениях $C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3 также не превышало 1 ч.

На данном этапе исследований, кроме продолжительности фильтроцикла

($T_{ф.ц}$, ч) при различных значениях исходной концентрации нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтры ($C^{исх}_{нфп}$, мг/дм^3), также измерялось количество воды, прошедшей очистку на фильтрах ($W_{оч}$, м^3), и количество воды, затраченной на промывку ($W_{пр}$,м^3).

Анализ полученных результатов позволяет сказать следующее. Исходная концентрация нефтепродуктов значительно влияет на продолжительность фильтроцикла; при этом эффект очистки по нефтепродуктам при изменении $C^{исх}_{нфп}$ не меняется (при постоянной скорости). Продолжительность фильтроцикла ($T_{ф.ц}$, ч) меняется для фильтров первой и второй степеней соответственно от 78 до 6 часов и от 54 до 4 часов. Целесообразность применения фильтров при той или иной исходной концентрации оценивается по двум параметрам: во-первых, по продолжительности фильтроцикла ($T_{ф.ц}$), во-вторых, по соотношению количества воды, очищенной на фильтре на протяжении фильтроцикла, и воды, затраченной на промывку ($W_{оч}$ и $W_{пр}$).

Анализ работы коалесцирующих полипропиленовых фильтров показал, что даже при высоких значениях исходного содержания нефтепродуктов количество промывной воды $W_{пр}$ (в процентном соотношении от количества очищенной воды $W_{оч}$) не превышает 7% для фильтра первой ступени и 1% для фильтра второй ступени. Поэтому определяющим критерием для определения предельных значений исходных концентраций послужила продолжительность фильтроцикла ($T_{ф.ц}$).

Исходя из опыта эксплуатации фильтрующих сооружений, не рекомендуется применять фильтры с продолжительностью фильтроцикла менее 8 ч. Таким образом, определены следующие условия целесообразности применения коалесцирующих полипропиленовых фильтров: первая ступень – при концентрации нефтепродуктов 9-65 мг/дм^3, вторая ступень – 1-5,5 мг/дм^3.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

3.4.4 Исследование влияния различных параметров процесса фильтрования на содержание взвешенных веществ в очищенной воде

Помимо нефтепродуктов, для НСВ характерно содержание взвешенных веществ как сопутствующего загрязнения. В связи с этим при проведении исследований в данной работе наряду с концентрацией нефтепродуктов в обрабатываемой воде также контролировалось содержание взвешенных веществ. Так как основным загрязняющим веществом для НСВ являются нефтепродукты, снижение их концентрации было признано в данной работе приоритетным направлением; это связано также с тем, что требования по остаточной концентрации загрязнений в очищенной воде (перед сбросом ее в коммунальные водоотводящие сети города) различны: содержание нефтепродуктов в сбрасываемых стоках не должно превышать 0,3 мг/дм^3, тогда как по отношению к взвешенным веществам этавеличина составляет 57 мг/дм^3. В связи с этим в исследовании процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах основное внимание уделялось снижению концентрации нефтепродуктов. В отношении содержания взвешенных веществ контролировалась концентрация взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) на следующих этапах исследований:

- при определении влияния направления потока воды в фильтре;
- при определении влияния скорости фильтрования на эффект очистки.

На первом этапе исследовалось влияние направления фильтрования на эффект очистки по взвешенным веществам (проводилось фильтрование на фильтре первой ступени при скорости фильтрования V = 2,5 м/ч в направлениях снизу вверх и сверху вниз). Результаты измерений концентрации взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтра (средние за периоды зарядки ($t_з$, ч), работы ($t_р$, ч) фильтра и в целом за период фильтроцикла ($T_{ф.ц}$, ч) приведены в табл. 3.23. При этом содержание взвешенных веществ в исходной воде (после блока тонкослойного отстаивания) находилось в пределах $C_{вв}^{исх}$ = 67-80 мг/дм^3. В табл. 3.24 приведены значения эффекта очистки по взвешенным

веществам $Э_{вв}$, %, при тех же режимах фильтрования.

Таблица 3.23 – Концентрация взвешенных веществ ($С_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтра первой ступени при различном направлении фильтрования

Направление фильтрования	$С_{вв}$, мг/дм^3, в различные периоды		
	За период $t_з$	за период $t_р$	за период $Т_{ф.ц}$
Снизу вверх	32,7	25,1	29,3
Сверху вниз	18,0	14,2	16,2

Таблица 3.24 – Концентрация взвешенных веществ ($С_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтра первой ступени при различном направлении фильтрования

Направление фильтрования	$Э_{вв}$, %, в различные периоды		
	за период $t_з$	за период $t_р$	за период $Т_{ф.ц}$
Снизу вверх	55,5	65,8	60,1
Сверху вниз	75,5	80,7	77,9

Проанализировав данные табл. 3.23 и 3.24, можно сделать вывод о значительном влиянии направления фильтрования на эффект очистки по взвешенным веществам. При направлении фильтрования сверху вниз эффект очистки по взвешенным веществам превышает эффект при направлении снизу вверх в среднем в 1,3 раза. Это подтверждает сделанный ранее вывод о направлении фильтрования сверху вниз как наиболее эффективном.

На втором этапе данного направления исследований исследовалось влияние скорости фильтрования (V, м/ч) на коалесцирующих фильтрах на эффект очистки по взвешенным веществам ($Э_{вв}$, %). Значения концентраций $С_{вв}$, мг/дм^3, измерялись в пробах, отбираемых каждый час на протяжении фильтроцикла при различных скоростях фильтрования – V =1,5; 2,5; 3,6; 5,5 м/ч, и усреднялись для периодов зарядки $t_з$, работы фильтра $t_р$ и всего периода фильтроцикла $Т_{ф.ц}$. Результаты измерения концентраций взвешенных веществ при различных

значениях

V, м/ч, приведены в табл. 3.25 и 3.26.

Таблица 3.25 – Концентрация взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтра первой ступени при различных скоростях фильтрования (V, м/ч)

Период фильтроцикла	$C_{вв}$, мг/дм^3, при скоростях фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
Период $t_з$	16,2	18,4	19,3	26,6
Период $t_р$	11,3	13,7	15,1	21,2
Период $T_{ф.ц}$	14,8	16,5	17,8	22,7

Таблица 3.26 – Концентрация взвешенных веществ ($C_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтра второй ступени при различных скоростях фильтрования (V, м/ч)

Периоды фильтроцикла	$C_{вв}$, мг/дм^3, при скоростях фильтрования V, м/ч			
	1,5	2,5	3,6	5,5
Период $t_з$	11,3	12,4	14,1	17,6
Период $t_р$	7,8	8,3	10,2	12,7
Период $T_{ф.ц}$	9,4	10,1	11,4	14,9

По данным, приведенным в табл. 3.25 и 3.26, построены графики зависимостей концентрации взвешенных веществ в очищенной воде ($C_{вв}$, мг/дм^3) от скорости фильтрования (V, м/ч) для фильтров первой и второй ступеней. Данные графики приведены на рис. 3.35 и 3.36 соответственно.

Значения эффектов очистки по взвешенным веществам для фильтров первой и второй ступеней и для двухступенчатого фильтрования при различных скоростях фильтрования приведены в табл. 3.27.

По данным значениям эффекта ($Э_{вв}$, %) построены графики зависимости $Э_{вв}$, %, от скорости фильтрования (V, м/ч) для различных периодов фильтроцикла – времени зарядки фильтра $t_з$, времени работы фильтра $t_р$ и в целом для периода фильтроцикла $T_{ф.ц}$. Данные графики приведены на рис. 3.37,

3.38 и 3.39 соответственно для фильтра первой ступени, фильтра второй ступени и для двухступенчатого фильтрования.

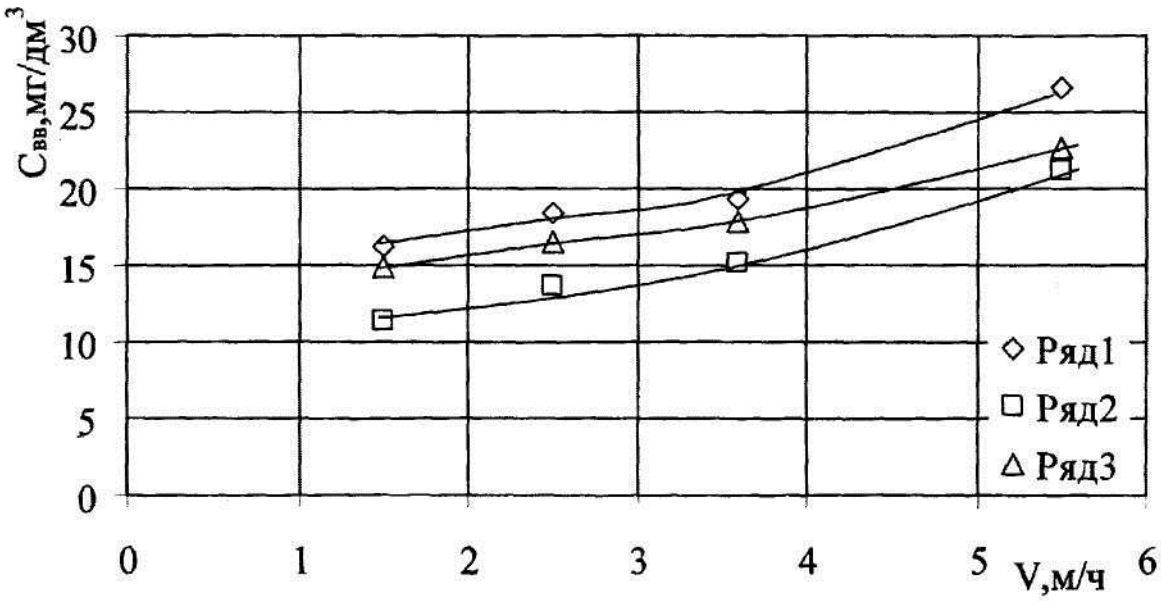


Рис. 3.35. Зависимость концентрации взвешенных веществ $C_{вв}$, мг/дм^3, после фильтра первой ступени от скорости фильтрования V, м/ч: ряд 1 – для периода $t_з$; ряд 2 – для периода $t_р$; ряд 3 – для периода $T_{ф.ц}$.

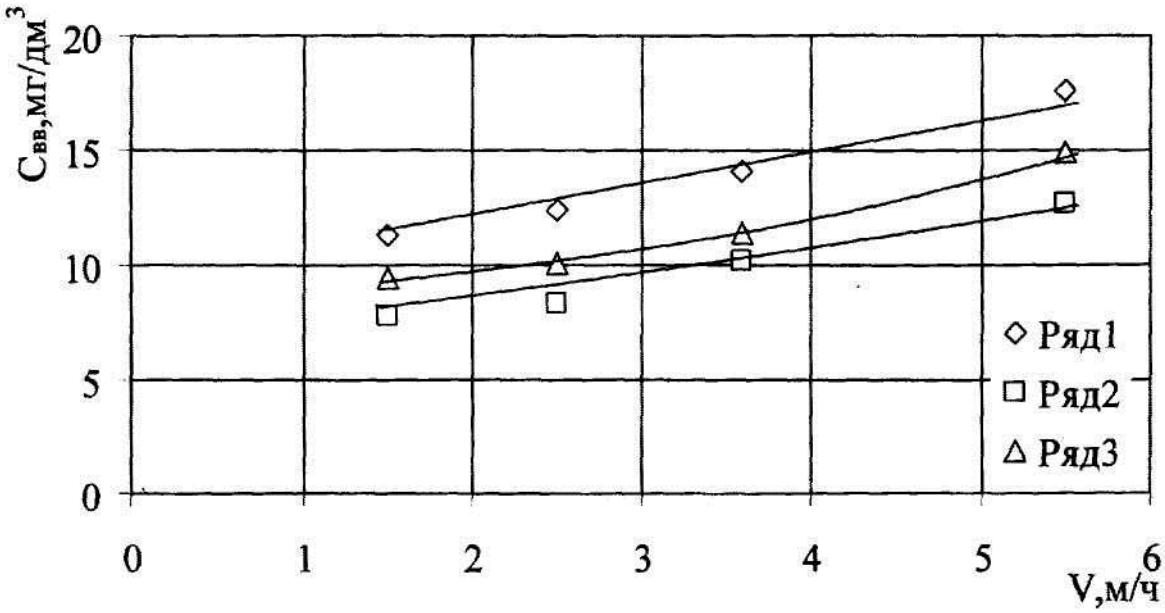


Рис. 3.36. Зависимость концентрации взвешенных веществ $C_{вв}$, мг/дм^3, после фильтра второй ступени от скорости фильтрования V, м/ч: ряд 1 – для периода $t_з$; ряд 2 – для периода $t_р$; ряд 3 – для периода $T_{ф.ц}$.

Таблица 3.27 – Эффект очистки по взвешенным веществам ($Э_{вв}$, %) при различных скоростях фильтрования (V, м/ч)

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
Фильтр первой ступени				
За период $t_з$	77,9	74,9	73,7	63,8
За период $t_р$	84,6	81,4	79,4	71,2
За период $T_{ф.ц}$	79,9	77,6	75,8	69,1
Фильтр второй ступени				
За период $t_з$	30,2	32,6	26,9	33,8
За период $t_р$	30,9	39,4	32,4	40,1
За период $T_{ф.ц}$	36,5	38,8	35,9	34,4
Двухступенчатое фильтрование				
За период $t_з$	84,6	83,1	80,8	76,1
За период $t_р$	89,4	88,7	86,12	82,7
За период $T_{ф.ц}$	87,2	86,2	84,5	79,7

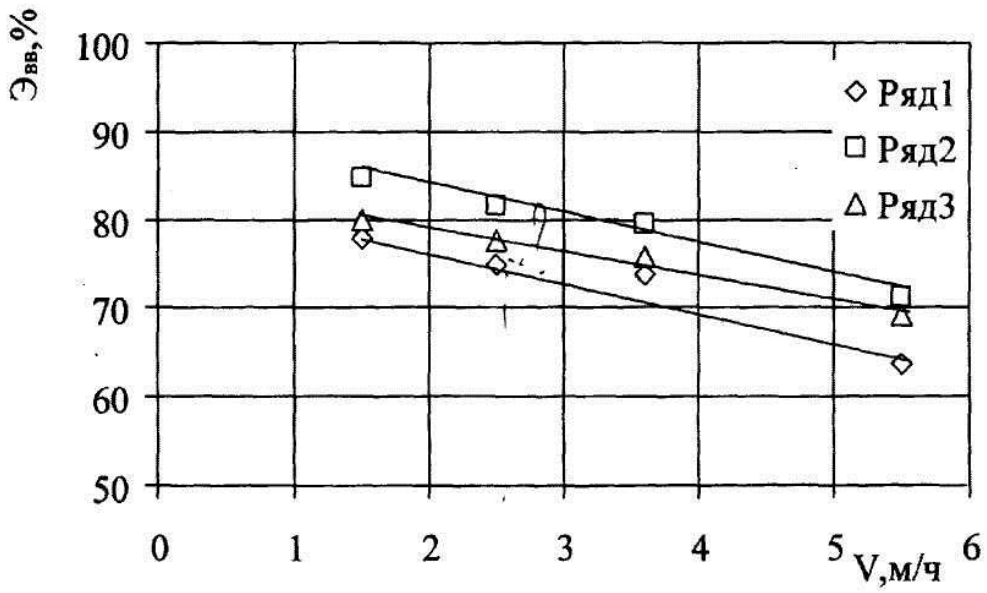


Рис. 3.37. Зависимость эффекта очистки по взвешенным веществам

$Э_{вв}$, %, для фильтра первой ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

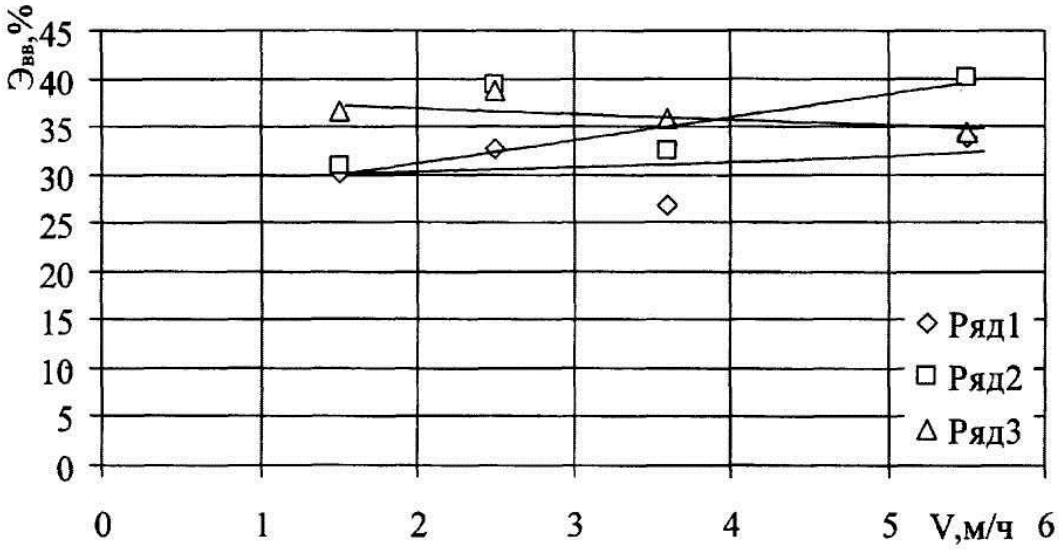


Рис. 3.38. Зависимость эффекта очистки по взвешенным веществам $Э_{вв}$, %, для фильтра второй ступени от скорости фильтрования V, м/ч.

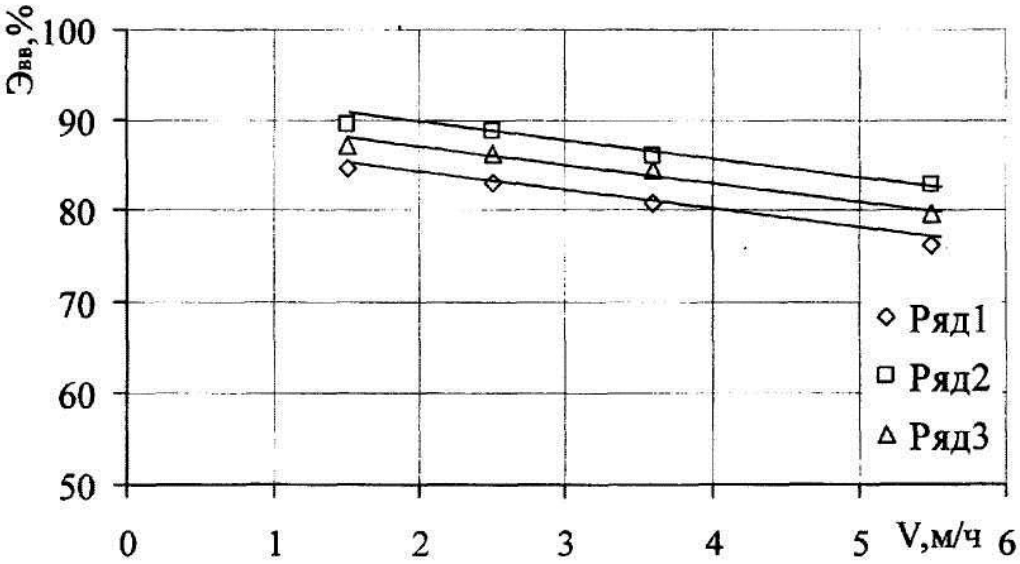


Рис. 3.39. Зависимость эффекта очистки по взвешенным веществам $Э_{вв}$, %, для двухступенчатого фильтрования от скорости фильтрования V, м/ч.

При анализе графиков зависимостей, приведенных на рис. 3.37, 3.38 и 3.39, можно сделать вывод о снижении эффекта очистки по взвешенным веществам

($Э_{вв}$, %) при увеличении скорости фильтрования (V, м/ч). Так, при скорости фильтрования V = 1,5 м/ч при двухступенчатом фильтровании $Э_{вв}$ = 87,2% (за период $Т_{ф.ц}$), тогда как при V = 5,5 м/ч соответственно $Э_{вв}$ = 79,7%. Следует отметить также скачкообразные изменения значений $Э_{вв}$, %, для различных значений V, м/ч, на фильтре второй ступени (рис. 3.38). При этом значения концентраций $С_{вв}$, мг/дм^3, в воде после фильтра второй ступени при различных значениях V, м/ч, изменяются по явно выраженной прямо пропорциональной зависимости (рис. 3.36). Кроме того, по значениям $Э_{вв}$, %, при одинаковых значениях V, м/ч, можно сделать вывод о том, что основное количество взвешенных веществ при двухступенчатом фильтровании на коалесцирующих фильтрах задерживается на фильтре первой ступени ($Э_{вв}$, %, для фильтра первой ступени в среднем превышает $Э_{вв}$, %, для фильтра второй ступени в 2,2 раза). Таким образом, фильтр первой ступени задерживает основное количество взвешенных веществ при фильтровании НСВ, тогда как фильтр второй ступени, при колебаниях значений эффекта $Э_{вв}$, %, задерживая менее значительное количество взвешенных веществ, все же дает стабильной значение $С_{вв}$, мг/дм^3, на выходе очищенной воды.

Все выше описанные значения концентраций $С_{вв}$, мг/дм^3, и эффектов $Э_{вв}$, %, измерялись при фильтровании НСВ на коалесцирующих фильтрах при условии промывки в обычном режиме (до исследований по оптимизации работы коалесцирующих фильтров). После отладки режима промывки и выявления его оптимальных параметров при фильтровании, наряду с контролем концентрации нефтепродуктов в воде после фильтров первой и второй ступеней ($С_{нфп}$, мг/дм^3), измерялась также концентрация взвешенных веществ в очищенной воде ($С_{вв}$, мг/дм^3). На данном этапе исследований концентрация взвешенных веществ в воде после блока тонкослойного отстаивания находилась в пределах $С_{вв}^{исх}$ = 67-82 мг/дм^3.

Значения $С_{вв}$, мг/дм^3, усредненные за весь период фильтроцикла ($Т_{ф.ц}$, ч) при различных скоростях фильтрования (V, м/ч), приведены в табл. 3.28. В табл. 3.29 приведены значения эффекта очистки по взвешенным веществам

($Э_{вв}$, %) также для различных скоростей фильтрования, (V, м/ч).

Таблица 3.28 – Концентрация взвешенных веществ ($С_{вв}$, мг/дм^3) в воде после фильтров первой и второй ступеней при различных скоростях фильтрования (V, м/ч) после промывки в оптимальном режиме

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
$С_{вв}$, мг/дм^3, после фильтра первой ступени	12,4	15,2	16,4	21,0
$С_{вв}$, мг/дм^3, после фильтра второй ступени	8,3	9,3	11,4	14,2

Таблица 3.29 – Эффект очистки по взвешенным веществам ($Э_{вв}$, %) на фильтрах первой и второй ступеней при различных скоростях фильтрования (V, м/ч) после промывки в оптимальном режиме

Скорость фильтрования V, м/ч	1,5	2,5	3,6	5,5
$Э_{вв}$, %, фильтра первой ступени	83,4	79,6	77,9	67,8
$Э_{вв}$, %, фильтра второй ступени	33,1	38,8 ^	30,5	40,8
$Э_{вв}$, %, двухступенчатого фильтрования	88,9	87,5	84,7	80,9

По данным табл. 3.28 и 3.29 построены графики зависимостей $С_{вв}$, мг/дм^3, и $Э_{вв}$, %, от скорости фильтрования (V, м/ч) при условии промывки фильтров в оптимальном режиме (рис. 3.40 и 3.41 соответственно).

Проанализировав данные табл. 3.28 и 3.29 и зависимости, приведенные на рис. 3.40 и 3.41, можно сделать вывод, что в диапазоне скоростей фильтрования V = 1,5-2,5 м/ч содержание взвешенных веществ в очищенной воде после двухступенчатого фильтрования на коалесцирующих фильтрах не превышает 10 мг/дм^3.

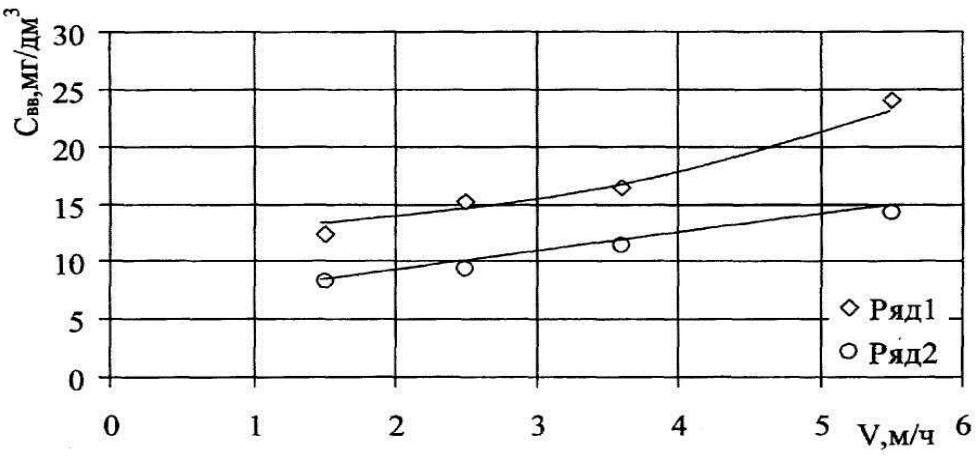


Рис. 3.40. Зависимость концентрации взвешенных веществ $C_{вв}$, мг/дм^3, после фильтров первой и второй ступеней от скорости фильтрования V, м/ч, при промывке фильтров в оптимальном режиме.

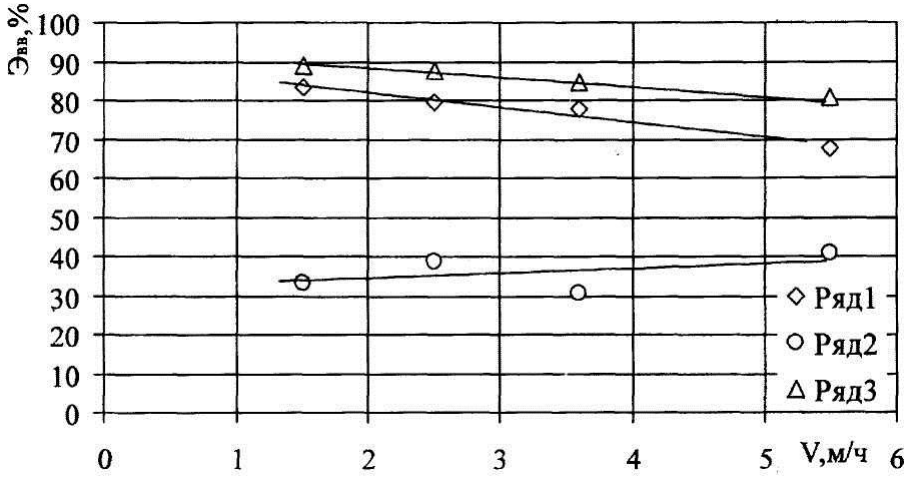


Рис. 3.41. Зависимость эффекта очистки по взвешенным веществам $Э_{вв}$, %, от скорости фильтрования V, м/ч, при промывке фильтров в оптимальном режиме: ряд 1 – для фильтра первой ступени; ряд 2 – для фильтра второй ступени; ряд 3 – для двухступенчатого фильтрования

3.5 Статистическая обработка и математический анализ результатов экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования процессов очистки НСВ на коалесцирующих фильтрах и их результаты, описанные выше, являются

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

объемными и зависящими от многих факторов: режима образования поступления сточных вод, их температуры, состава, количества, режима работы оборудования, числа ступеней очистки, продолжительности проведения измерений и так далее. Для того чтобы с достаточной уверенностью основывать теоретические выводы на основании результатов экспериментальных исследований, необходимо произвести анализ с целью доказательства их достоверности. С этой целью были проведены следующие приемы статистической обработки результатов экспериментальных исследований [149, 150]:

- интервальная оценка экспериментальных данных;
- оценка на воспроизводимость результатов.

В практических приемах статистической обработки экспериментальных данных предварительно принимается определенный уровень достоверности – так называемая доверительная вероятность. В данном случае принята доверительная вероятность $P_д$, равная 0,95.

3.5.1 Математический анализ результатов исследований

Целью математического анализа является нахождение зависимости между измеряемыми величинами, выражаемой понятием функции y = f(x), где каждому значению одной независимой переменной x (аргумента) соответствует одно определенное значение зависимой величины y.

При оценке проведенных исследований в качестве параметра оптимизации (зависимой величины y) принят эффект очистки НСВ от нефтепродуктов – $Э_{нфп}$. В качестве независимой переменной – аргумента x – принята скорость фильтрования V, м/ч.

Проведен анализ данных фильтроциклов при различных значениях скорости фильтрования (V = 1,5; 2,5; 3,6; 5,5 м/ч) после промывки фильтров в оптимальном режиме (см. табл. 3.19). Поставлена цель получить эмпирические зависимости эффектов очистки по нефтепродуктам – $Э_{нфп}$, % – от скорости

фильтрования V, м/ч, для фильтров первой и второй ступеней и двухступенчатого фильтрования на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой при исходной концентрации нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтры, – $C^{исх}_{нфп}$ = 25-35 мг/дм^3.

По зависимостям, построенным по данным табл. 3.19 и приведенным на рис. 3.32, сделан вывод о параболическом характере искомой зависимости, то есть следует определить уравнение регрессии второго порядка – зависимость вида:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \qquad (3.9)$$

где a_0, al, a_2 – коэффициенты уравнения регрессии.

Определение искомых коэффициентов проведено по методу наименьших квадратов и выражено в решении систем нормальных уравнений вида:

$$\begin{cases} na_0 + a_1\sum_i^n x + a_2\sum_i^n x^2 = \sum_i^n y \\ a_0\sum_1^n x + a_1\sum_i^n x^2 + a_2\sum_i^n x^3 = \sum_i^n yx \\ a_0\sum_1^n x^2 + a_1\sum_i^n x^3 + a_2\sum_i^n x^4 = \sum_i^n yx^2 \end{cases} \qquad (3.10)$$

где n – число пар (x_i, y_i), n = 4.

Решив системы нормальных уравнений данного вида по схеме Гаусса, получили значения коэффициентов уравнений регрессии a_0, a_1, a_2 для всех трех рассматриваемых зависимостей. Значения коэффициентов приведены в табл. 3.30.

Таблица 3.30 – Значения коэффициентов уравнений регрессии

Оцениваемая зависимость	Коэффициент уравнения регрессии		
	a_0	a_1	a_2
$Э_{нфп}$ = f(V) фильтра первой ступени	96,16	0,91	– 0,97

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

$Э_{нфп}$ = f(V) для фильтра второй ступени	86,61	2,41	– 1,85
$Э_{нфп}$ = f(V) для двухступенчатого фильтрования	95,78	3,96	– 1,10

Результаты расчетов значений $F_р$ для всех трех анализируемых зависимостей приведены в табл. 3.31. Из анализа данных этой таблицы можно сделать вывод, что табличное значение $F_т$ при пятипроцентном уровне значимости и числе степеней свободы $q_1 = n - d$ и $q_2 = n - (m_c - 1)$, равное $F_т = 21$, то есть выполняется условие (3.14). Следовательно, гипотеза об адекватности уравнения эффекта очистки НСВ от нефтепродуктов при фильтровании НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой подтверждается.

Таблица 3.31 – Результаты расчета значений критерия Фишера

Анализируемая зависимость $Э_{нфп}$ = f(V)	Дисперсия		Критерий Фишера	
	адекватности $D_а$	средняя $D_{ср.э}$	расчетный $F_р$	табличный $F_т$
Для фильтра первой ступени	0,939818	0,255579	3,677	21
Для фильтра второй ступени	18,065	4,532	3,986	21
Для двухступенчатого фильтрования	0,017596	0,029899	0,588	21

3.6 Заключение по третьей главе

1. Была разработана и смонтирована на локальных очистных сооружениях научно-производственного комплекса «Автотранс» г.Алматы экспериментальная полупроизводственная установка для исследования процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой.

2. Теоретически и экспериментально исследованы процессы фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой в диапазоне скоростей фильтрования, от 1,5м/ч до 5,5 м/ч.

Установлена эффективность использования гранулированного полипропилена в качестве коалесцирующего материала. При этом выявлены оптимальные параметры процесса фильтрования: двухступенчатое фильтрование при направлении потока сверху вниз со скоростью фильтрования V = 2,5 м/ч.

3. Исследован процесс промывки коалесцирующих фильтров с гранулированной полипропиленовой загрузкой. Определен оптимальный режим промывки фильтров первой и второй ступеней с целью сохранения в теле загрузки фильтров «зарядного» количества нефтепродуктов на момент начала фильтроцикла.

4. При условии проведения промывки фильтров в выявленных оптимальных режимах определены зависимости концентрации нефтепродуктов в очищенной воде – $C_{нфп}$, мг/дм^3; эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %; продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц.}$ от скорости фильтрования V, м/ч. При оптимальной скорости фильтрования V = 2,5 м/ч для двухступенчатого фильтрования на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой данные параметры имеют следующие значения: $C_{нфп}$=0,3мг/дм^3; $Э_{нфп}$ = 98,9%; $T_{ф.ц}$ = 23 ч (при исходной концентрации нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтры, $C^{исх}_{нфп}$ = 25-35 мг/дм^3).

5. При выявленной оптимальной скорости фильтрования V = 2,5 м/ч определена зависимость продолжительности фильтроцикла $T_{ф.ц}$ от исходной концентрации нефтепродуктов в воде, поступающей на фильтры – $C^{исх}_{нфп}$. Определены следующие условия целесообразности применения коалесцирующих полипропиленовых фильтров: первая ступень – при концентрации нефтепродуктов $C^{исх}_{нфп}$ = 9-65 мг/дм^3; вторая ступень – при $C^{исх}_{нфп}$ = 1-5,5 мг/дм^3.

6. Исследовано влияние различных параметров процесса фильтрования на содержание взвешенных веществ в очищенной воде – $C_{вв}$, мг/дм^3. Установлено, что при оптимальных параметрах фильтрования – направление потока в фильтре сверху вниз, скорость фильтрования V = 2,5 м/ч – $C_{вв}$ не превышает 10 мг/дм^3 (при исходной концентрации взвешенных веществ в пределах 67-82 мг/дм^3).

Соответственно эффект очистки по взвешенным веществам составляет $Э_{вв}$ 87,5%.

7. Проведена статистическая обработка результатов экспериментальных исследований. Измеренные значения концентраций $C_{нфп}$ и $C_{вв}$ оценены на достоверность и воспроизводимость результатов при доверительной вероятности $P_д$ = 0,95. Результаты признаны достоверными и воспроизводимыми.

8. Проведен математический анализ зависимостей эффекта очистки по нефтепродуктам $Э_{нфп}$, %, от скорости фильтрования V, м/ч, при фильтровании НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой с исходной концентрацией нефтепродуктов $C^{исх}_{нфп}$ = 25-35 мг/дм^3.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ГЛАВА 4
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

4.1 Разработка технологической схемы очистки нефтесодержащих сточных вод научно-производственного комплекса «Автотранс»

Предприятия автомобильного транспорта, такие как, автомобильные предприятия НПК «Автотранс» находящиеся в пределах населенных пунктов, осуществляют сброс производственных сточных вод в коммунальные водоотводящие сети. При этом данные предприятия должны руководствоваться при осуществлении сброса сточных вод «Правилами приема производственных сточных вод в водоотводящие сети населенных пунктов». Для соблюдения всех требований, предъявляемых к сбрасываемым производственным сточным водам, данные стоки должны быть подвергнуты предварительной очистке. На предприятиях автомобильного транспорта производственные сточные воды образуются от мойки и технического обслуживания локомотивов. Основными загрязняющими веществами данных стоков являются нефтепродукты и взвешенные вещества, то есть образуются нефтесодержащие сточные воды (НСВ).

Ранее в разделе 1.3 был выполнен анализ существующих методов очистки НСВ. В главе 2 была разработана критериальная модель с целью определения масштабов подобия экспериментальной модели и производственных сооружений для того, чтобы результаты экспериментальных исследований фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой могли быть использованы для разработки технологической схемы очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта

в производственных условиях. В главе 3 описаны экспериментальные исследования процесса фильтрования НСВ НПК «Автотранс» на экспериментальной установке и определены оптимальные технологические параметры процесса двухступенчатого фильтрования на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований сделан вывод о целесообразности применения для очистки НСВ НПК «Автотранс» метода коалесценции с использованием гранулированного полипропилена в качестве загрузки двухступенчатых коалесцирующих фильтров. Была поставлена задача разработки мероприятий по реконструкции существующих очистных сооружений научно-производственного комплекса «Автотранс» г. Алматы с внедрением в схему очистки коалесцирующих фильтров.

Существующая технологическая схема очистки НСВ научно-производственного комплекса «Автотранс» и рекомендуемая технологическая схема с включением коалесцирующих фильтров с гранулированной полипропиленовой загрузкой приведены на рис. 4.1.

Рекомендуемая технологическая схема предусматривает очистку НСВ НПК «Автотранс» по следующим ступеням очистки:

- предварительное отстаивание в существующей нефтеловушке;
- тонкослойное отстаивание;
- фильтрование на коалесцирующем фильтре первой ступени;
- фильтрование на коалесцирующем фильтре второй ступени.

Реконструкция существующих очистных сооружений заключается в следующем:

- из схемы очистки исключается реагентное хозяйство;
- существующие флотационные машины переоборудуются в комбинированную установку тонкослойного отстаивания и фильтрования.
- установка для очистки сточных вод, авторское свидетельство № 52682.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

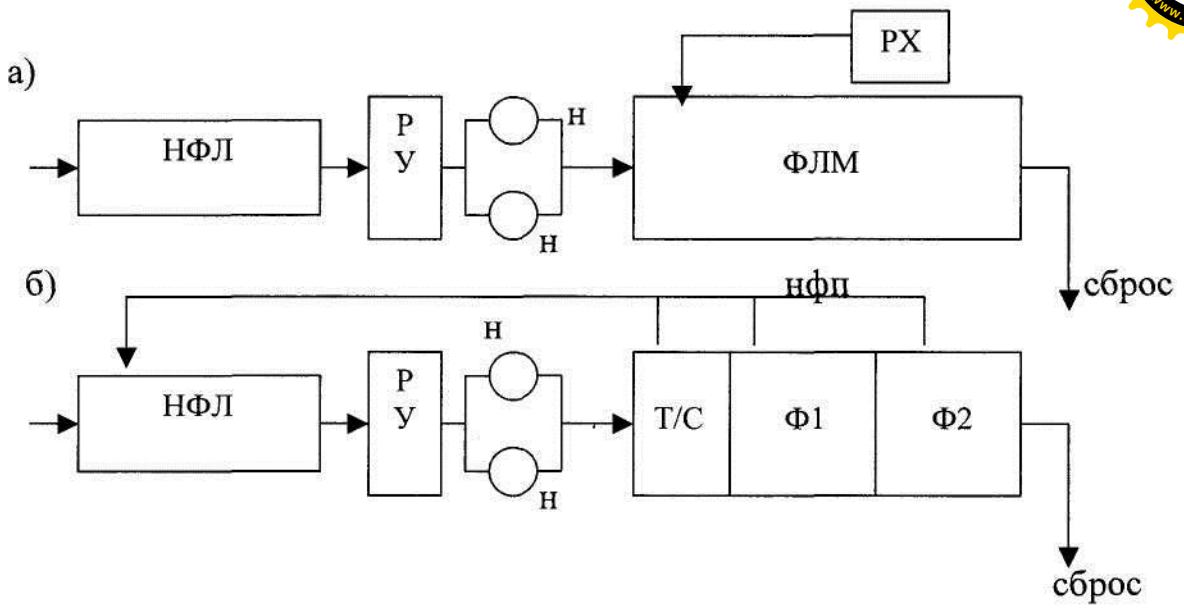


Рис. 4.1. Технологические схемы очистки НСВ автомобильного предприятия НПК «Автотранс»: существующая (а) и рекомендуемая с применением коалесцирующих фильтров (б):

НФЛ – нефтеловушка; РУ – резервуар-усреднитель; н – насосы (1 рабочий, 1 резервный); ФЛМ – флотационные машины (2 секции); РХ – реагентное хозяйство; Т/С – блок тонкослойного отстаивания; Ф1 – коалесцирующий фильтр первой ступени; Ф2 – коалесцирующий фильтр второй ступени; нфп – задержанные нефтепродукты.

4.1.1 Установка для очистки сточных вод (авторское свидетельство № 52682, Приложение 1)

Полезная модель относится к технике очистки сточных вод от твердой фазы и несмешивающихся с ней жидкостей с получением системы оборотного водоснабжения и может быть использована при мойке легковых автомобилей [116].

Известна установка для очистки нефтесодержащих сточных вод (установка для очистки сточных вод), включающая получение оборотного водоснабжения, последовательно соединенные трубопроводами водозаборную камеру с погружным насосом, грязеловушку с грязесборником, блок фильтров

с сорбционной загрузкой и резервуар для очищенной воды, сепаратор, установленный между блоком фильтров и грязеловушкой, выполненный в виде цилиндрической камеры с крышкой, цилиндрическая часть которой разделена вертикальной глухой перегородкой, не доходящей до крышки , на две половины, в одной из которых выполнены вертикальные цилиндрические каналы, а в другой установлены полукольца в шахматном порядке по вертикали , а над конической частью камеры установлена горизонтальная перфорированная перегородка и грязеловушка, выполненная в виде обратного усеченного конуса, к меньшему основанию которого прикреплена расположенная под грязесборником труба с установленным на ней с возможностью вращения рыхлителем. Рыхлитель выполнен в виде волокнистообразной тяги, прикрепленной к магниту. Перфорированная перегородка сепаратора снабжена дефлекторами.

Задачей полезной модели является создание установки для очистки сточных вод, позволяющей снизить материальные затраты и повысить качество очиски. Техническим результатом полезной модели является снижение материальных затрат и повышение качества очистки сточных вод от мойки автомобилей.

Это достигается тем, что в предлагаемой установке для очистки сточных вод, включающей систему оборотного водоснабжения, соединенные трубопроводами водозаборную камеру, грязеловушку, выполненную в виде тонкослойного отстойника, блок фильтров с сорбционной загрузкой, включающий фильтр-кондиционер, резервуар для очищенной воды, представляющий собой бак, выполненный с возможностью нагрева, узел дезинфекции, выполненный в виде обеззараживателя - хлор-сатуратора , загруженного гипохлоритом натрия, расположенный перед фильтром кондиционером, погружной насос, согласно полезной модели, она дополнительно снабжена тонкослойным отстойником и фильтром с сорбционной загрузкой. Тонкослойный отстойник размещен в водозаборной камере; отстойник, образующий грязеловушку, выполнен безнапорным и

снабжен погружным насосом. Блок фильтров образован из фильтров трех ступеней, при этом фильтр первой ступени размещен в водозаборной камере после отстойника, фильтр второй ступени размещен в грязеловушке. Сорбционная загрузка фильтра первой и второй ступеней выполнена из природного цеолита, а сорбционная загрузка фильтра третьей ступени выполнена из керамзита и активированного угля. Узел дезинфекции размещен после грязеловушки перед фильтром-кондиционером третьей ступени. При этом в водозаборной камере размещен безнапорный тонкослойный отстойник, в качестве природного цеолита для сорбционной загрузки фильтров первой и второй ступени использован клиноптилолит, сорбционная загрузка фильтра третьей ступени выполнена из слоя керамзита и слоя активированного угля.

Технический результат обеспечивается выполнением водозаборной камеры, грязеловушки и блока фильтров.

Предлагаемая установка для очистки сточных вод представлена на чертеже. Предлагаемая установка для очистки сточных вод содержит соединенные трубопроводами водозаборную камеру 1, грязеловушку 9 , блок фильтров 3, 5, 8 с сорбционной загрузкой, резервуар 4 для очищенной воды, представляющий собой бак, выполненный из конструкционной стали с возможностыо нагрева, узел дезинфекции 5, выполненный в виде обеззараживателя – хлор-сатуратора, расположенный после грязеловушки 9 перед фильтром-кондиционером 3.

В водозаборной камере 1 размещен безнапорный тонкослойный отстойник 2. Грязеловушка 9 выполнена в виде безнапорного тонкослойного отстойника и снабжена погружным насосом 6 (например, «Гном 10-10»).

Камера 1 выполнена например, из монолитного железобетона или металла (например, объемом 4,5 м^3, размеры в плане, например, 1,5×1,5×1, 8 м). Дно камеры 1 имеет уклон в одну сторону (не показан), где заканчивается бункером (например, глубиной 1,4 м). Верхняя часть камеры 1 перекрывается рифленой сталью (например, толщиной 6 мм).

Блок фильтров образован из фильтров трех ступеней, при этом фильтр 2

первой ступени размещен в водозаборной камере 1 после отстойника 2, фильтр 8 второй ступени размещен в грязеловушке 9.

Сорбционная загрузка фильтра 5, 8 первой и второй ступени выполнена из природного цеолита, клиноптилолита, а сорбционная загрузка фильтра-кондиционера 3 третьей ступени выполнена из керамзита и активированного угля.

Фильтр-кондиционер 3 загружен слоем дробленого керамзита (например, крупностью зерен 1,5-2,0 мм) и слоем активированного угля (например, марки АМГ) и рассчитан на пропуск воды со скоростью 5-7 м/ч.

Узел дезинфекции 5 выполнен в виде обеззараживателя – хлор-сатуратора, загруженного гипохлоритом натрия и расположен перед фильтром-кондиционером 3 после грязеловушки 9.

В камеру 1 стоки от мойки автомобилей поступают самотеком по каналу 10. Оборотная вода из резервуара 4 забирается через пробковый кран 11.

Предлагаемая установка для очистки сточных вод работает следующим образом.

Установка предназначена для очистки сточных вод от мойки автомоблей с оборотным водоснабжением с суточной пропускной способностью мойки до 70 легковых автомобилей при одновременной мойке четырех автомобилей.

Стоки от мойки автомобилей по каналу 10 поступают в водозаборную камеру 1, где находятся отстойник 2, фильтр 5 первой ступени блока фильтров и далее стоки поступают в грязеловушку 9 , выполненную в виде безнапорного тонкослойного отстойника, в котором, пройдя через фильтр 8 второй ступени блока фильтров, подаются погружным насосом 6 на фильтр-кондиционер 3, откуда в осветленном виде вода поступает в резервуар 4, где подогревается посредством ТЭНа 13 (электронагреватель). Далее оборотная вода из резервуара 4 через пробковый кран 11 моечными насосами (на чертеже не показаны) забирается для мойки автомобилей.

Периодически, примерно через 50-100 циклов водооборота, установку подвергают дезинфекции в ночное время суток посредством узла дезинфекции

5, пропуская через хлор-сатуратор сточную воду с дозой хлора порядка 1-5 для уничтожения патогенных бактерий и микроорганизмов, образующихся в сточных водах внутри резервуара 4 , фильтра-кондиционера 3 и трубопроводов (стоки от мойки автомобилей содержат минеральные вещества и нефтепродукты в условиях нейтральной реакции).

Стоки, поступающие на очистку имеют следующие загрязнения:

- взвешенные вещества – 1000 мг/м^3;

- нефтепродукты – 150 мг/м^3.

На выходе из установки концентрация загрязнений составляет:

- взвешенные вещества – 18,5 мг/м^3 гидравлической крупностью менее 0,44 мм/с;

- нефтепродукты – 4-6 мг/мг.

Осадок из грязеловушки 9 периодически, например, через 30-90 дней извлекается пневмомашиной и вывозится в бадьях на автомобиле.

Снижение материальных затрат (в 2-3 раза) и улучшение качества очистки (в 1,5-2 раза) достигается выполнением сорбционной загрузки фильтра-кондиционера из доступного по стоимости дробленого керамзита, выпускаемого домостроительным комбинатом г. Алматы и активированного угля, а также сорбционной загрузкой фильтров первой и второй ступеней из доступного по стоимости природного цеолита, клиноптилолита, из месторождения в Алматинской области, выпускаемого ЗАО «Рысгас» Алматинской области. Улучшение качества очистки достигается также за счет двух ступеней отстойников.

Таким образом, предлагаемая установка для очистки сточных вод позволяет снизить материальные затраты на ее изготовление и повысить качество очистки сточных вод от мойки автомобилей.

4.2 Расчет локальных очистных сооружений

На данном этапе решалась задача расчета сооружений – блока

тонкослойного отстаивания и коалесцирующих фильтров первой и второй ступеней с использованием установленных при вышеописанных исследованиях оптимальных параметров процесса фильтрования. Кроме того, была поставлена задача конструктивно использовать в рекомендуемой технологической схеме корпуса существующих флотационных машин с целью снижения капитальных затрат при проведении реконструкции очистных сооружений научно-производственного комплекса «Автотранс».

Существующие флотационные машины (флотаторы) представляют собой металлические резервуары прямоугольной формы с размерами в плане: 5,1×1,7 м (L×B), высотой 2,5 м (H). Флотаторы имеют карман сбора очищенной воды; каждая секция оснащена рециркуляционным насосом и напорным баком – сатуратором.

Тонкослойный блок рассчитан на скорость движения сточных вод в полочном пространстве $v_в$ = 0,004 м/с = 4 мм/с. Длина тонкослойного блока $L_{бл}$, м, работающего по противоточной схеме, определена по формуле [159]::

$$L_{бл} = \frac{v_в h_я}{u_0}, \qquad (4.1)$$

где $h_я$ – высота яруса, конструктивно принята $h_я$ = 0,1 м;

u_0 – гидравлическая крупность, для нефтепродуктов, u_0 = 0,3 мм/с.

$$L_{бл} = 1{,}3 \text{ м}.$$

Конструктивно принято: количество ярусов в тонкослойном блоке $n_я$ = 10; угол наклона тонкослойных элементов к горизонту α = 60° (по аналогии с тонкослойным блоком экспериментальной установки), ширина тонкослойного блока $B_{бл}$ = 1,7 м (равна ширине флотатора, куда будет вмонтирован тонкослойный блок).

Производительность тонкослойного блока (в одной секции флотомашины) определена по формуле:

$$q_{сек} = 3{,}6 K_{сек} H_{бл} B_{бл} v_в, \qquad (4.2)$$

где $K_{сек}$ – коэффициент использования объема, $K_{сек\ t}$= 0,5;

$H_{бл}$ – высота блока, определена по формуле:

$$H_{бл} = n_{бл} b_n, \tag{4.3}$$

где b_n – расстояние между пластинами блока, определено по формуле:

$$b_n = h_{бл} \cos\alpha. \tag{4.4}$$

Производительность тонкослойного блока в одной секции реконструируемой флотомашины, при принятых выше конструктивных размерах, равна $q_{сек}$=6,12 м^3/ч; фактический часовый расход НСВ, поступающих на очистку, равен $q_{общ}$ = 11,4 м^3/ч, следовательно на одну секцию приходится q = 5,7 м^3/ч. Тонкослойный блок с принятыми размерами удовлетворяет по пропускной способности фактическим условиям.

При проектировании коалесцирующих фильтров были приняты следующие параметры процесса фильтрования, определенные в результате исследований, описанных в разделе 3 как оптимальные: направление фильтрования – сверху вниз, скорость фильтрации V = 2,5 м/ч.

Предусмотрено оснащение каждой секции реконструируемых флотомашин двумя ступенями коалесцирующих фильтров с загрузкой разной крупности: диаметр зерен загрузки фильтра первой ступени 3-4мм, фильтра второй ступени – 1,5-3 мм.

Площадь фильтра первой (второй) ступени в каждой секции флотомашины $F_ф$, м^2, определена по формуле:

$$F_ф = \frac{q}{V}. \tag{4.5}$$

В результате расчета $F_ф$ = 2,28 м^2, при ширине секции флотомашины B = 1,7 м размеры фильтра каждой ступени в плане составят 1,35×1,7 м. На одну секцию фильтра первой ступени, при высоте слоя загрузки в плотном состоянии 0,6 м и насыпной массе 548 кг/м^3, потребуется 0,78 т полипропилена;

на одну секцию фильтра второй ступени, при той же высоте слоя и насыпной массе 560 кг/м^3, потребуется 0,8 т полипропилена.

Нефтепродукты, задержанные в результате тонкослойного отстаивания, самотеком поступают в существующий нефтесборник. Промывная вода с коалесцирующих фильтров сбрасывается в нефтеловушку. Вода на промывку фильтров подается от существующего технического водопровода предприятия. Суточное количество воды, необходимое для промывки фильтров, составляет около 6 м^3.

Комбинированная установка для очистки НСВ автомобильные предприятия НПК «Автотранс», предусматривающая переоборудование существующих флотационных машин с включением в схему очистки блока тонкослойного отстаивания и коалесцирующих фильтров первой и второй ступени, показана на рис. 4.2.

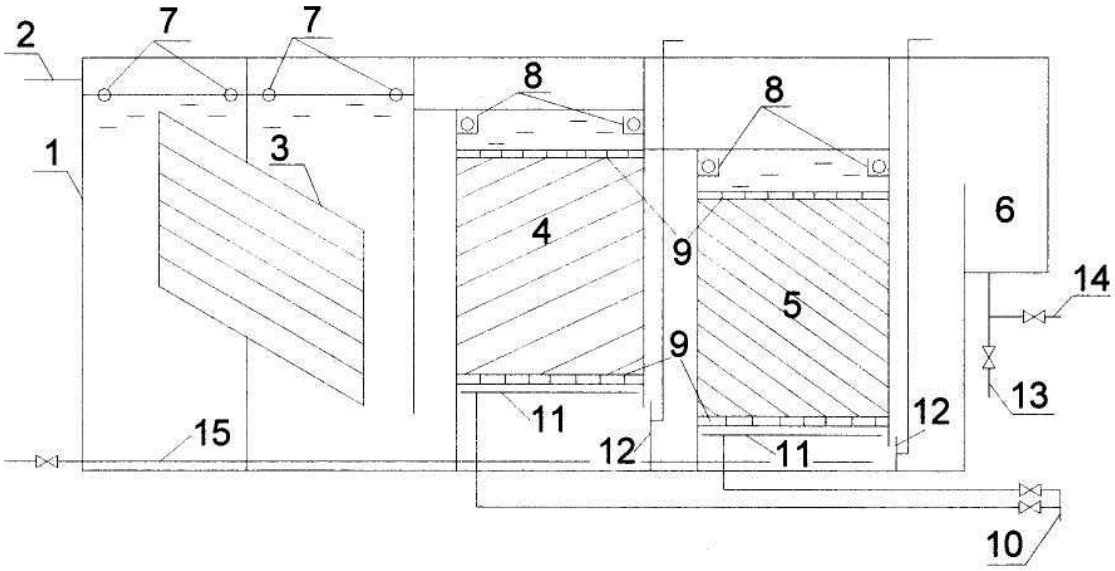


Рис. 4.2. Комбинированная установка для очистки НСВ автомобильного предприятия НПК «Автотранс» (после реконструкции существующих очистных сооружений):

1 – корпус существующего флотатора; 2 – подача НСВ насосом из резервуара-усреднителя; 3 – блок тонкослойного отстаивания; 4 – коалесцирующий фильтр первой ступени; 5 – коалесцирующий фильтр второй ступени; 6 – сборный карман очищенной воды; 7 – нефтесборные трубы; 8 – карманы сбора промывной воды фильтров; 9 – поддерживающие сетчатые элементы фильтров;

10 – подача воды на промывку фильтров; 11 – распределительная система промывной воды; 12 – шиберные затворы; 13 – сброс очищенной воды; 14 – сброс первого фильтрата, 15 – сброс осадка.

4.3 Технико-экономические показатели схем очистки нефтесодержащих сточных вод

Результаты исследований по теме диссертации приняты при разработке рабочего проекта научно-производственного комплекса «Автотранс» (Приложение 2) по реконструкции локальных очистных сооружений предприятия. В настоящее время рабочий проект разработан и готовится к внедрению.

Экономическая оценка применения рекомендуемой технологической схемы и мероприятий по реконструкции локальных очистных сооружений локомотивного депо, предусмотренных разработанным проектом, произведена сравнением вариантов – очистных сооружений, работающих по существующей и рекомендуемой схемам.

Годовой экономический эффект Э от реконструкции очистных сооружений определен по формуле:

$$Э = C_0 – (C_i + E_н \cdot K_i), \qquad (4.6)$$

где C_0 и C_i – годовые текущие затраты (эксплуатационные) соответственно до и после реконструкции;

$E_н$ – нормативный коэффициент эффективности, $E_н$=0,12;

K_i – капиталовложения, тыс.тенге.

Годовой экономический эффект от внедрения рекомендуемой технологической схемы очистки НПК «Автотранс» составит:

$$Э = 3500 – (1300 + 0,12 \cdot 1600) = 2008,00 \text{ тыс.тенге.}$$

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

В табл. 4.1 приведены технико-экономические показатели сравнения 2-х вариантов технологических схем очистки НСВ научно-производственного комплекса «Автотранс» (1 вариант – существующая схема очистки, 2 вариант – рекомендуемая схема очистки).

Как следует из приведенных данных, общая экономическая эффективность разработанного проекта реконструкции очистных сооружений научно-производственного комплекса «Автотранс» достаточно высока, срок окупаемости ниже нормативного (3,1 года), снижается себестоимость очистки воды.

Таблица 4.1 – Основные технико-экономические показатели сравнения вариантов

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	1 вариант	2 вариант
1	Годовая производительность	тыс.м^3/год	100,0	100,0
2	Стоимость реконструкции	тыс.тенге	_–	1600
3	Годовые эксплуатационные затраты	тыс.тенге /год	3500,0	1300
4	Приведенные затраты	тыс.тенге /год	3500,0	1200
5	Себестоимость очистки 1м сточной воды	тенге/м^3	35	13
6	Годовой экономический эффект от реконструкции	тыс.тенге	–	2008,00
7	Срок окупаемости	год	–	3,1

4.4 Заключение по четвертой по главе

1. Рекомендована новая технологическая схема очистки НСВ научно-производственного комплекса «Автотранс».

2. Предложены и детально разработаны мероприятия по реконструкции существующих очистных сооружений научно-производственного комплекса «Автотранс».

3. Определены технико-экономические показатели существующей и рекомендуемой технологических схем очистки НСВ научно-производственного комплекса «Автотранс».

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлена целесообразность применения метода коалесценции для глубокой очистки производственных НСВ предприятий автомобильного транспорта, с целью разработки технологической схемы оборотного водоснабжения автомойки легковых машин.

2. Проведен анализ параметров, определяющих процесс очистки НСВ на коалесцирующих фильтрах при различных условиях моделирования. В результате составлены критериальные уравнения, являющиеся основой для различного моделирования процессов фильтрации. Выбраны пределы оптимальных геометрических, кинематических и динамических параметров экспериментальных моделей и реальных производственных установок.

3. Теоретически и экспериментально исследованы процессы фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой. Установлена эффективность применения гранулированного полипропилена в качестве коалесцирующего материала.

4. Выявлены оптимальные параметры процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах с гранулированной полипропиленовой загрузкой: двухступенчатое фильтрование при направлении потока в фильтре сверху вниз со скоростью фильтрования V = 2,5 м/ч.

5. Определены оптимальные режимы промывки фильтров первой и второй ступени с целью сохранения в теле загрузки «зарядного» количества нефтепродуктов на момент начала фильтроцикла: для фильтра первой ступени – промывка с интенсивностью W = 4 л/(с·м^2) продолжительностью $t_{пр}$ = 4 мин; для фильтра второй ступени – промывка с интенсивностью W = 1 л/(с·м^2) продолжительностью $t_{пр}$ = 2 мин.

6. Установлено, что при проведении фильтрования НСВ при определенных оптимальных параметрах содержание взвешенных веществ в очищенной воде не превышает 10 мг/дм^3.

7. Разработана технологическая схема очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта с применением коалесцирующих фильтров с гранулированной полипропиленовой загрузкой. Годовой экономический эффект от внедрения рекомендуемой технологической схемы очистки воды составит 2008,0 тыс.тенге.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Яковлев, В.С.** Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды / В.С. Яковлев. - М.: Химия, 1987. - 152 с.
2. Химия окружающей среды. Пер. с англ./под ред. А.П. Цыганкова. -М.: Химия, 1982. - 672 с: ил.
3. **Стахов, Е.А.** Водоотведение производственных и специальных объектов / Е.А. Стахов. ЛВВИСКУ, 1983. - 373 с.
4. **Кесельман, Т.С.** Защита окружающей среды при добыче, транспорте и хранении нефти и газа / Т.С. Кесельман, Э.А. Махмутбеков - М.: Недра, 1981, - 256 с.
5. **Кирпатовский, И.П.** Охрана природы: Справочник для работников нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / И.П. Ктрпатовский. - М.: Химия, 1980. - 114 с.
6. **Лурье, Ю.Ю.** Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1989. - 448 с.
7. **Берне, Ф.** Водоочистка. Очистка сточных вод нефтепереработки. Подготовка водных систем охлаждения / Ф. Берне, Ж. Кордонье. - М.: Химия, 1997. - 288 с.
8. **Иоакимис, Э.Г.** Локальные методы очистки сточных вод в схеме нефтеперерабатывающего завода / Э.Г. Иоакимис. - М.: Гос. ком. СМ СССР по науке и технике, 1976. - 168 с.
9. **Иоакимис, Э.Г.** Безотходная технология очистки сточных вод на заводах нефтеперерабатывающей промышленности / Э.Г. Иоакимис, В.И. Назаров, В.Я. Гербер. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1977. - 49 с.
10. **Молоков, М.В.** Очистка поверхностного стока с территорий городов и промышленных площадок / М.В. Молоков, В.Н. Шифрин. - М.: Стройиздат, 1977. - 104 с.
11. **Яковлев, С.В.** Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков и др.. - М.: Стройиздат, 1985. - 335 с.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

12. **Пономарев, В.Г.** Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заво / В.Г. Пономарев, Э.Г. Иоакимис, И.Л. Монгайт. - М.: Химия, 1985. - 256 с.
13. **Карелин, Я.А.** Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / Я.А. Карелин, И.А. Попова, Л.А. Евсеева и др. - М.: Стройиздат, 1982. - 184 с.
14. **Карелин, Я.А.** Очистка нефтесодержащих сточных вод / Я.А. Карелин, Л.А. Евсеева, О.Я. Евсеева. - М.: ВНИИИС, 1987. - 68 с.
15. **Голубев, А.М.** Установка трехступенчатая для очистки сточных вод от нефтепродуктов / А.М. Голубев. - Мордовский ЦНТИ. - Информационный листок. - 1984. № 6-85. - 3 с.
16. **Пашевкин, Ю.Н.** Устройство для сбора нефтепродуктов / Ю.Н. Пашевкин. Ставропольский ЦНТИ. - Информационный листок. - 1985. - № 101-85. - 2 с.
17. **Чухин, В.А.** Передвижная маслоловушка / В.А. Чухин. - Псковский ЦНТИ. - Информационный листок. - 1983. № 197-83. - 4 с.
18. А.С. 1838245. СССР. Нефтеловушка / Н.В. Гвоздев, Е.В. Дроздов, О.М. Паринов и др.; опубл. 30.08.93. Бюл. № 32. - 4 с.
19. **Абитаев, М.Т.** Очистка природных и сточных вод в больших городах с применением тонкослойных отстойников / М.Т. Абитаев, Л.А. Евсеева, О.Я. Евсеева. -М.: МГЦНТИ, 1983. - 29 с.
20. GEW Chem. Eng. World, - 1984. Vol. 19. № 6. - P. 70-75.
21. Joumal Water Pollution Control Federation. - 1984. Vol. 56. № 6. - P. 651-654.
22. А.С. 1504219. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / И.А. Сайдаминов, Д.А. Абдукадыров, П.В. Лозиев; опубл. 30.08.89, Бюл. № 32. - 3 с.
23. **Мясников, И.Н.** Сооружения и схемы очистки сточных вод НПЗ и НХЗ за рубежом / И.Н. Мясников, В.Г. Пономарев, Г.М. Ермолов. - М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1981. -42 с.
24. А.С. 1087470. СССР. Нефтеловушка. / В.А. Проскуряков; опубл. 29.04.84, Бюл. № 17. - 3с: ил.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

25. А.С. 1533730. СССР. Тонкослойный отстойник. / Ш.И. Исмаилов, Сулейманов; опубл. 07.01.90, Бюл. № 2. - 3 с: ил.
26. А.С. 1747123. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / И.А. Шеренков, В.Г. Зайцева, Е.И. Кузьмина; опубл. 15.07.92, Бюл. № 26. - 4 с: ил.
27. А.С. 1511213. СССР. Тонкослойный отстойник. / Л.Т. Тагиев; опубл. 30.09.89, Бюл. № 36. - 4 с: ил.
28. А.С. 1782939. СССР. Полочный отстойник. / А.Л. Рабинович, В.Л. Плитман, И.Э. Кузнецов и др; опубл. 23.12.92, Бюл. №47. - 6 с: ил.
29. **Курганов, А.М.** Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения / А.М. Курганов, Н.Ф. Федоров / Справочник под общ. ред. А.М. Курганова. 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. - 440 с: ил.
30. **Скирдов, И.В.** Очистка сточных вод в гидроциклонах / И.В. Скирдов, В.Г. Пономарев. - М.: Стройиздат, 1975. - 176 с.
31. **Яковлев, С.В.** Внедрение научных разработок ВНИИВОДГЕО / С.В. Яковлев, О.В. Демидов // Водоснабжение и санитарная техника. - 1986. - №12. - С. 25-26.
32. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1981. - 638 с.
33. **Нурпеисова, М.Б.** Очистка нефтесодержащих сточных вод / М.Б. Нурпеисова, А.А. Боканова, А. Мырзабекова и др. // Новости науки Казахстана. - 2003. Вып .4. - С. 77-80.
34. **Найденко В.В.** Применение математических методов и ЭВМ для оптимизации и управления процессами разделения суспензий в гидроциклонах / В.В. Найденко. - Горький: Волго-Вятское книжное издательство, 1976. - 287 с.
35. Очистка воды от нефтепродуктов. Separation of Water from Oil Products //Oil & Gas Eurasia. - 2003. - № 9. - С. 58.
36. **Пономарев, В.Г.** Обработка осадка, выгружаемого из песколовок на

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

очистных станциях НПЗ / В.Г. Пономарев, Ю.В. Кедров. - Союзводоканалпроект, 1998. - 32 с.

37. **Шестов, Р.Н.** Гидроциклоны / Р.Н. Шестов. - Л.: Машиностроение, 1967. - 183 с.
38. **Магид, А.Б.** Современные технологии очистки нефтесодержащих сточных вод / А.Б. Магид, А.В. Купцов, В.А. Расветалов //Нефть и газ. - 2003. - №1. - С. 103-107.
39. **Монгайт, И.Л. /** И.Л. Монгайт, П.И. Побегайло, И.Д. Родзиллер // Труды Водгео. - М.: 1963. - 40 с.
40. **Боканова, А.А.** Комплексная очистка сточных вод Кумкольского месторождения от нефтепродуктов / А.А. Боканова, А.М. Мырзабекова, М.Б. Нурпеисова //Научно технологическое развитие нефтегазового комплекса: Докл. первых междунар.научн. Надировских чтений. - Атырау, 2003. - С. 353-355.
41. **Карелин, Я.А.** Опыт очистки сточных вод от нефтеперерабатывающих предприятий / Я.А. Карелин, Л.А. Евсеева, О.Я. Евсеева и др. // Водоснабжение и санитарная техника. - 1985. -№ 8. - С. 22-23.
42. **Сторожок, В.А.** Материалы для фильтров с зернистой загрузкой при очистке нефтесодержащих сточных вод / В.А. Сторожок //Тезисы докл. Всесоюзного научно-техн. совещания БашНИИ НПо. - М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1980. - 83-87с.
43. **Александров, Н.А.** Доочистка нефтесодержащих сточных вод на установках с фильтрами / Н.А. Александров, Н.Н. Березницкий. - Брянский МТЦНТИиП: Информационный листок. - 1984. -.№ 211-84. - 2 с.
44. Очистка воды, загрязненной бензолом, толуолом, ксилолом,с помощью химически модифицированных цеолитов. Treatment of waters contaminated with BIX using tailored zeolites. /Cadena F., Вампап .S. //Cazares Enrique. Radioact. Waste Manag. And Envirom. Restorat. - 1994. № 1-2. - P. 27-40.
45. Пат. Р 3233357.9 ФРГ. МКИ В 01 D 23/24.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

46. Пат. 3229219.8 ФРГ. МКИ В 01 D 41/00.
47. А.С. 4204. РК. Фильтр для очистки воды. / М. Мырзахметов, Эль- Этреби Хишам Халиль; опубл. 14.03.97, Бюл. № 1. - 3 с: ил.
48. **Мороз, С.И.** Очистка сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ с использованием синтетических волокнистых материалов / С.И. Мороз, Д.Д. Мягкий, Т.Д. Сенина. - Донецкий ЦНТИиП: Информационный листок. 1984. -.№ 21-84. - 3 с.
49. **Журба, М.Г.** Фильтры с полимерной плавающей загрузкой для систем водоснабжения / М.Г. Журба. - М.: ЦБНТИ Минводхоза, 1987. - 59 с.
50. **Алексеев, В.И.** Фильтр для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.И. Алексеев // Водоснабжение и санитарная техника. - 1992. -№ 10. - С. 23-24.
51. А.С. 1209605. СССР. Устройство для очистки сточных вод / Т.К. Аливердизаде, Л.М. Матвеенко, А.М. Садыков и др.; опубл. 07.02.86, Бюл. № 5. - 3 с: ил.
52. А.С. 1675213. СССР. Устройство для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.М. Гнедов; опубл. 07.09.91, Бюл. № 33. - 2 с: ил.
53. А.С. 1225818. СССР. Фильтрующая загрузка для очистки сточных вод, содержащих органические загрязнения / Я.И. Вайсман, А.Х. Федоровская, Т.Ю. Попова и др.; опубл. 23.04.86, Бюл. № 15. - 2с.
54. **Завьялов, В.С.** Устройство для очистки сточных вод от нефтепродуктов / В.С. Завьялов, Б.В. Шишкин // Машиностроитель. - 1995. -№ 4-5. - С.36-37.
55. **Мацнев, А.И.** Очистка сточных вод флотацией / А.И. Мацнев. Киев: Будивільник, 1976. - 132 с.
56. **Пономарев, В.Г.** Применение импеллерной флотации для очистки сточных вод / В.Г. Пономарев, И.С. Чучалин // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. - № 10. - С. 29-32.
57. А.С. 1421709. СССР. Устройство для очистки воды от масел. / А.Г. Южанинов, А.Ф. Никифоров, В.И. Аксенов и др.; опубл. 07.09.88, Бюл. № 33. - 2 с.
58. А.С. 1477688. СССР. Устройство для флотационной очистки сточных вод.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

/ А.И. Алексеев, Н.И. Виноградов, А.Н.Савин и др.; опубл. 07.05.89, Бюл. № 17. - 3 с: ил.

59. **Карелин, Я.А.** Флотация со струйной аэрацией - перспективный способ очистки. Разработка и моделирование в технических и социально-экономических проблемах освоения океана / Я.А. Карелин, В.Ф. Богданов, Ю.А. Заславский. - Владивосток: ДВПИ. - 1985. - С. 98-101.
60. **Караваев, И.И.** Флотационная очистка нефтесодержащих стоков / И.И. Караваев, Н.Ф. Резник // Водоснабжение и санитарная техника. - 1970. - № 5. - С. 23-24.
61. Руководство по проектированию и расчету флотационных установок для очистки сточных вод. - М.: Стройиздат, 1978. - 32 с.
62. Советско-американский симпозиум по обработке сточных вод в сооружениях физико-механической очистки. - М.: Изд. ВНИИВОДГЕО, 1978. -116 с.
63. **Соколов, В.П.** Физико-химические методы глубокой очистки сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий / В.П. Соколов, Л.А. Чикунова. - М.: Изд. ЦНИИТЭнефтехима, 1977. - 78 с.
64. А.С. 980844. СССР. Напорный бак. / И.А. Краснощекая; опубл. 15.12.82, Бюл. № 46.- 2 с: ил.
65. А.С. 1321691. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / Б.А. Колованди, Б.И. Пурис, В.А. Герцович и др.; опубл. 07.07.87, Бюл. №25. - 4 с: ил.
66. А.С. 2029733. Россия. Способ очистки сточных вод. / Н.А. Кабанов, А.Н. Плесовских; опубл. 27.02.95, Бюл. № 6. - 2 с.
67. А.С. 505439. СССР. Устройство для флотационной очистки сточных вод / В.П. Соколов, Л.Д. Макаревич, В.А. Козин; опубл. 05.03.76, Бюл. № 9. - 2 с: ил.
68. А.С. 722587. СССР. Устройство для флотационной очистки сточных вод / В.П. Соколов, В.А. Гусев, Л.А. Чикунова; опубл. 25.03.80, Бюл.№11. - 3 с: ил.
69. А.С. 1002022. СССР. Устройство для флотационной очистки жидкости /

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

В.Г. Вишневецкий, Г.Е. Золотова, П.П. Кондратьев и др.; опубл. 07.0[illegible], Бюл. № 9. - 3 с: ил.

70. А.С. 1005920. СССР. Флотационная машина / А.А. Золотко, М.Я. Бельчиков, В.И. Ковалев и др.; опубл. 23.03.83, Бюл. № 11. - 4 с: ил.
71. А.С. 1401017. СССР. Устройство для флотационной очистки сточных вод. / А.С. Баклаженко, А.А. Бекасов, И.В. Ткаченко и др.; опубл. 07.06.88, Бюл. № 21. - 3 с: ил.
72. А.С. 1758008. СССР. Флотатор для очистки сточных вод от нефтепродуктов / А.Н. Литвиненко, А.Б. Клинков, В.Н. Кирпичников; опубл. 30.08.92, Бюл. № 32. - 6 с: ил.
73. А.С. 1820894. СССР. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов / Б.А. Ногин, А.В. Попов, А.И. Ушаков; опубл. 07.06.93, Бюл. № 21. - 4 с: ил.
74. Пат. 4200802. ФРГ. Устройство для очистки сточных вод / Vorrichtung rur Reinigung уол Abwasser /Mahler Маrсо; M.U.S. Mahler Umweltschutz; System GmbH.; опубл. 22.07.93.
75. **Мясников, И.Н.** Очистка нефтесодержащих сточных вод реагентами фирмы «Кемира» / И.Н. Мясников, В.А Потанина, К.Г. Чесновицкий и др. // Водоснабжение и санитарная техника. - 1993. - № 3.- С. 30-31.
76. А.С. 2022932. Россия. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод. / В.Г. Рябов, В.М. Шуверов, В.В. Токарев и др.; опубл. 15.11.94, Бюл. №21. - 2 с.
77. **Овсейчик, М.Г.** Отведение и очистка масло- и нефтесодержащих сточных вод в больших городах / М.Г, Овсейчик, О.Я. Евсеева, Л.А. Евсеева. - М.: МГЦНТИ, 1986. - 28 с.
78. Пат. 4447330 США, МКИ С 02 F 1/52, НКИ 210/717.
79. Пат. 4752399 США, МКИ С 02 F 1/24. Способ очистки сточных вод отнефтепродуктов.
80. А.С. 1263639. СССР. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод. / Ю.И. Тарасевич, Л.Д. Скрылев, Л.А. Патюк и др.; опубл. 15.10.86, Бюл. № 38. - 3 с.
81. Пат. 2315988 Франция, МКИ С 02-5/00.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

82. **Журинов, М.Ж.** Очистка сточных вод от нефти и нефтепродуктов электрофлотационным методом / М.Ж. Журинов, А.Б. Баешов, Б.А. Серикбаев и др. // Нефть и газ. - 2005. -№ 2. - С. 77-83.

83. Физико-химическая очистка промышленных сточных вод и их анализ: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИВОДГЕО, 1986. - С. 21-22, 30-32.

84. **Фишбейн, О.Ю.** Стабилизационная обработка производственных сточных вод на нефтепромысле Кумколь / О.Ю. Фишбейн, В.И. Капралова, Н.К. Надиров и др. // Нефть и газ. - 1999. - № 1. - С.58-61.

85. Пат. 274812 ЧСФР. Способ разрушения эмульгированных нефтепродуктов в воде солями многовалентных металлов / Sedivy J.; опубл. 22.07.91, № 3964. -3 с.

86. А.С. 1038292. СССР. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов. / С.Д. Покатилова, А.Г. Гусейнов, М.Ф. Мамедов; опубл. 30.08.83, Бюл. №32. - 4 с.

87. **Мясников, И.Н**. Очистка нефтесодержащих сточных вод с применением реагентов / И.Н. Мясников, В.А. Потанина, Н.И. Демин и др. // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999·. - № 1. - С. 8-9.

88. А.С. 1085942. СССР. Состав для очистки сточных вод. / Л.В. Гандурина, Л.Н. Буцева, И.Н. Мясников и др.; опубл. 15.04.84, Бюл. № 14. - 2 с.

89. **Вейцер, Ю.И.** Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды / Ю.И. Вейцер // Водоснабжение и санитарная техника. - 1981. - №9. - С. 7-9.

90. **Гудашева, Б.И.** Адсорбенты для отделения нефтепродуктов / Б.И. Гудашева, Л.В. Верхотина // Химия и технология топлив и масел. - 1975. - № 9. - С. 34-37.

91. **Пантелят, Г.С.** Очистка маслосодержащих сточных вод магнитным фильтрованием / Г.С. Пантелят, В.Г. Слепцов // Водоснабжение и санитарная техника. - 1998. -№ 3. - С. 18-19.

92. **Аскарова, Г.Ш.** Электроннолучевые технологии очистки сточных вод от различных загрязнителей. / Г.Ш. Аскарова, Н.Р. Мажренова // Валихановские чтения-4: Матер.Респ.научно-практ.конф., Т.3. - Кокшетау, 1998. - С. 151-152.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

93. **Сатаев, М.И**. Моделирование процесса извлечения нефтепродуктов сточных вод в массообменном аппарате с неподвижным слоем адсорбента / М.И. Сатаев, К. Жартыбеков. // Сб.тр. I региональной науч.-практ. конф. молодых ученых. -Шымкент, 2003. - С.26-28.

94. **Шапхаев, Э.Г.** .Очистка воды промывочных ванн от нефтепродуктов. / Э.Г. Шахпаев. Бурятский ЦНТИ. - Информационный листок. - 1984. - № 98-84. - 2 с.

95. **Карелин, Я.А.** Интенсификация реагентной очистки стоков с использованием полукокса / Я.А. Карелин, С.И. Лукин, М.И. Рудич. // Водоснабжение и санитарная техника: Сб. научн. тр. - М.: МИСИ. - 1984. - С. 95-98.

96. **Казначеева, З.В.** Очистка сточных вод сорбентом, полученным из отходов нефтяного кокса: автореф. канд. техн. наук. / З.В. Казначеева. - М.: МИСИ, 1986. - С.7-16.

97. AЬe T., Togashi T., Nishiya J. Tratamiento de aguas еп las refineries. // Oilgas. - 1984. - V. 17. - № 198. - P. 49-53.

98. А.С. 1444307. СССР. Способ концентрирования нефтепродуктов из водных сред / Н.Н. Сенин, В.Д. Горчаков, М.В Денисов и др.; опубл. 15.12.88, Бюл. № 46. - 3 с.

99. А.С. 1433901. СССР. Способ очистки сточных вод от нефтепродуктов. / Г.В. Кузнецова, Е.В. Соловьева, П.П. Андреев и др.; опубл. 30.10.88, Бюл. № 40. - 2 с.

100. **Хохлова, А.Д.** Выбор минеральных и углеродных сорбентов для извлечения нефтепродуктов из сточных вод на промывных фильтрах / А.Д. Хохлова, В.А. Немцев, М.Г. Тарнопольская // Физико-химическая очистка и методы анализа промышленных сточных вод. - М., 1988. - № 2. - С. 5-7.

101. **Ахмедова, Г.Р.** Очистка сточных вод от нефтепродуктов / Г.Р. Ахмедова, Г.А. Переяслова // Цветная металлургия. - 1988. - № 12. - С. 59-61.

102. **Адельшин, А.Б**. Установки очистки нефтепромысловых сточных вод с

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

коалесцирующими насадками / А.Б. Адельшин, Ф.И. Мутин, Н.С. Урмитова и др. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш. Обзорная информация. Сер. «Нефтепромысловое машиностроение», 1983. - 40 с.

103. **Егорова, Е.И.** Пути совершенствования производства вспенивающегося полистирола / Е.И. Егорова // Пластические массы. - 1974. - №10. - С. 61-66.
104. Энциклопедия полимеров. - М.: «Советская энциклопедия», 1984. -239 с.
105. **Воробьев, В.А.** Технология полимеров. / В.А. Воробьев, Р.А. Андрианов. - М.: Высшая школа, 1980. - 303 с.
106. **Кацнельсон, М.Ю.** Пластические массы: Справочник. / М.Ю. Кацнельсон, Г.А. Балаев. - М.: Химия, 1976. - 316 с.
107. **Адельшин, А.Б.** Гидродинамические характеристики некоторых коалесцирующих зернистых материалов / А.Б. Адельшин, Н.С. Урмитова, Д.С. Каюмова. // Гидравлика сооружений: сб. научн. тр. Калининского ГУ. - Калинин, 1988. - 96 с.
108. **Ястребов, П.И.** Состояние и перспективы подготовки нефтепромысловых сточных вод для заводнения. / П.И. Ястребов, В.Н. Красновекин, Ф.И. Мутин. Сер. «Нефтепромысловое машиностроение»: Обзорная информация. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1973. - 43 с.
109. Патент США № 3893925, кл. вогд 17/04, 1975.
110. Патент США № 3853753, кл. вогд 17/04, 1974.
111. Bayley D.P., Davies G.A. «Coalescers for the separation of oil and water dispersions» // Environ. Pollution Manag. - 1978. - № 4. - P. 91-95.
112. Проспект фирмы "G. and Firkins Ltd" (Англия), 1969.
113. Патент США № 4039441, кл. вогд 17/04, 1977.
114. **Седлухо, Ю.П.** О коалесценции нефтепродуктов при фильтрации сточных вод через гидрофобные полимерные материалы / Ю.П. Седлухо, А.А. Клюшин, Д.П. Бавтот // Нефтяное хозяйство. - 1982. - № 11. - С.38-42.
115. А.С. 664667. СССР. Устройство для разделения нефти, воды и механических примесей. / Ф.И. Мутин, В.Н. Красновекин, П.И. Ястребов

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

и др.; опубл. 30.05.79, Бюл. № 20. - 3 с: ил.

116. А.С. 52682. РК. Установка для очистки сточных вод. / Е.Б. Жумартов, А.Е. Жумартова, Абу Сафия Мухаммед; опубл. 19.01.2006, г. Астана.
117. А.С. 598846. СССР. Устройство для очистки нефтесодержащих вод./ Ф.И. Мутин, В.Н. Красновекин, Е.П. Макаров; опубл. 25.03.78, Бюл № 11. - 4 с: ил.
118. А.С. 704906. СССР. Устройство для очистки нефтесодержащих вод. / В.М. Рогов, В.Н. Анопольский, П.Г. Коган и др.; опубл. 25.12.79, Бюл. № 47. - 4 с.
119. А.С. 700162 СССР. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов. / В.М. Хапаев; опубл. 30.11.79, Бюл. № 44. - 3 с: ил.
120. Патент США №3645398, кл. ВОГ1 Д21110, 1972.
121. **Нейман, Р.А.** Блочные автоматизированные установки для очистки нефтепромысловых сточных вод / Р.А. Нейман, С.Г. Ермаков, Г.Ф. Шыихова. // Нефтяник. - 1975. - № 6. - С. 9-10.
122. **Перевалов, В.Г.** Научно-исследовательские работы ВНИИ в области подготовки сточных вод для заводнения. / В.Г. Перевалов. // Материалы Всесоюзного совещания «Методы очистки и подготовки промысловых сточных вод с целью использования для технологических нужд и предотвращения загрязнения водоемов». - Уфа, 1972. - 154 с.
123. А.С. 579229. СССР. Устройство для очистки сточных вод от нефти и механических примесей. / М.З. Гафаров, Р.М. Хузин, В.А. Тачаев и др.; опубл. 05.11.77, Бюл. № 41. - 5 с: ил.
124. А.С. 617377. СССР. Отстойник для очистки нефтесодержащих вод. / И.М. Байков, Н.С. Минигазимов, М.Н. Мансуров; опубл. 30.07.78, Бюл. № 28. -3 с: ил.
125. Патент США №3617548, кл. ВОl Д17/О1, 1971.
126. Патент США №4151087, кл. ВОl Д17/О2, 1979.
127. Патент США №3738492, кл. ВОl Д29110, 1973.
128. А.С. 548295. СССР. Устройство для очистки нефтесодержащих вод. / В.Н. Красновекин, Ф.И. Мутин; опубл. 28.02.77, Бюл. № 8. - 3 с: ил.
129. А.С. 682242. СССР. Устройство для очистки воды от нефтепродуктов и

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

механических примесей. / Ф.И. Мутин, В.Н. Красновекин, П.И. Ястре
опубл. 30.08.79, Бюл. № 32. - 3 с: ил.

130. А.С. 1047842. СССР. Отстойник для очистки нефтесодержащих вод. / Ф.И. Мутин, В.Н. Красновекин; опубл. 15.10.83, Бюл. № 38. - 4 с: ил.

131. Создать и освоить эффективные методы, конструкции сооружений, оборудование и материалы для очистки природных и сточных вод для повышения нефтеотдачи пластов и предотвращения загрязнения водных объектов: отчет о НИР. – Уфа: БашНИПИнефт, 1977. - 110 с.

132. **Байков, У.М**. Подготовка и нагнетание воды для поддержания пластового давления на нефтяных месторождениях Башкирии. / У.М. Байков, Ш.М. Валеев, Н.С. Минигазимов и др. - М.: ВНИИОЭНГ, 1984. - 44 с.

133. А.С. 1228913. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / А.Б. Адельшин, Ф.И. Мутин, А.С. Селюгин и др.; опубл. 07.05.86, Бюл. № 17. - 5 с: ил.

134. А.С. 1381074. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / М.В. Кравцов, И.Н. Мясников, С.В. Яковлев и др.; опубл. 15.03.88, Бюл. № 10. - 5 с: ил.

135. А.С. 1386572. СССР. Очистное сооружение для сточных вод от мойки автомобилей и автобусов. / В.В. Попов, В.Ф. Волков, Д.И. Корябкин; опубл. 07.04.88, Бюл. № 13. - 4 с: ил.

136. А.С. 1493619. СССР. Установка для очистки сточных вод. / Е.И. Дмухайло, Н.В. Васин, С.Е. Березин и др.; опубл. 15.07.89, Бюл. № 26. - 4 с: ил.

137. А.С. 1758011. СССР. Устройство для очистки сточных вод. / В.Н. Цыбизов, Д.Г. Пряхин; опубл. 30.08.92, Бюл. № 32. - 5 с: ил.

138. А.С. 2013375. Россия. Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов. / М.В. Манукьян, С.Н. Присташ, Г.А. Роев и др; опубл. 30.05.94, Бюл. № 10. - 4 с: ил.

139. **Каньовский, А.А.** Локальные комплексы очистки сточных вод фирмы «Лабко» / А.А. Каньовский, С.М. Галкин //Водоснабжение и санитарная техника. - 1998. № 3. - С. 29.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

140. **Каньовский, А.А.** Локальные комплексы очистки сточных вод фирмы «Лабко» / А.А. Каньовский, С.М. Галкин //Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. № 5. - С. 28.

141. **Каньовский, А.А.** Локальные комплексы очистки сточных вод фирмы «Лабко» / А.А. Каньовский, С.М. Галкин //Водоснабжение и санитарная техника. - 2000. № 5. - С. 28.

142. **Вознесенский, В.Н.** Очистка ливневых и производственных сточных вод на локальных очистных сооружениях / В.Н.Вознесенский, В.В. Лядов. // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. - № 6. - С. 29-30.

143. Последние достижения в области жидкостной экстракции. / Под редакцией К. Хансона. - М.: «Химия», 1974. - 447с.

144. **Минигазимов, Н.С.** Совершенствование технологии подготовки нефтепромысловых сточных вод, используемых для заводнения нефтяных месторождений: дис. канд. техн. наук / Н.С. Минигазимов. - Уфа: БашНИПИнефть, 1983. - 166 с.

145. **Карелин, Я.А.** Пути интенсификации работы отстойников системы подготовки сточных вод к заводнению. / Я.А. Карелин, В.Н. Красновекин, Ф.И. Мутин и др.: Обзор зарубежной литературы. Серия «Машины и нефтяное оборудование». - М.: ВНИИОЭНГ, 1977. - 51 с.

146. **Мутин, Ф.И.** Разработка и моделирование аппаратов для очистки нефтесодержащих сточных вод с применением контактной массы: дис. канд. техн. наук / Ф.И. Мутин. - Казань: КХТИ, 1986. - 224 с.

147. **Седлухо, Ю.П.** Строительство очистных сооружений на нефтепромыслах. / Ю.П. Седлухо. Обзорная информация. Сер. «Нефтепромысловое строительство». - М.: ВНИИОЭНГ, 1982. - 42 с.

148. **Красновекин, В.Н.** Исследование и разработка напорных отстойников для подготовки нефтепромысловых сточных вод к использованию при заводнении нефтяных пластов: дис. канд. техн. наук / В.Н. Красновекин. - М.: МИСИ, 1979. – 170 с.

149. **Белоцерковский, О.М.** Численное моделирование в механике сплошных

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

сред / О.М. Белоцерковский.. - М.: Наука, 1994. - 442 с.

150. **Шенк, Х.** Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. - М.: Мир, 1972. - 320 с.

151. **Крутов, В.И.** Основы научных исследований. / В.И. Крутов, В.В.Попов. - М.: Высшая школа, 1989. - 400 с.

152. **Кунце, Х.И**. Методы физических измерений. / Х.И. Кунце. - М.: Мир, 1989. -216 с.

153. **Абу Сафия Мухаммед**. Компактная установка очистки сточных вод от мойки автотранспорта / Абу Сафия Мухаммед. Материалы Межд. научно-прак. конф. - Астана: Комитет жилищно-ком. хозяйства, 2011. -С.17-21.

154. **Шинибаев, А.Д.** Применение метода коалесценции для очистки производственных сточных вод от мойки автотранспорта. / А.Д. Шинибаев, Абу Сафия Мухаммед. // Промышленный транспорт Казахстана. №3. -Алматы, 2011. - С.47-54.

155. **Абу Сафия Мухаммед.** Установки с коалесцирующими материалами для очистки производственных сточных вод от мойки автомобилей. / Абу Сафия Мухаммед // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. №6.- Алматы, 2011. - С.31-33.

156. **Шинибаев А.Д.** Экспериментальная установка для очистки сточных вод от мойки автомобилей. / А.Д. Шинибаев, Абу Сафия Мухаммед // Вестник КазГАСА, № 6. - Алматы: КазГАСА, 2011. - С.67-69.

157. **Абу Сафия Мухаммед.** Моделирование работы коалесцирующих фильтров в производственных условиях. / Абу Сафия Мухаммед. Сборник Межд. научно-практич. конф. «Интеллектуальная нация – конкурентоспособное государство», 3-4 декабря 2011.- Алматы: ЦАУ, 2011. - С. 97-100.

158. **Мырзахметов, М.** Мониторинг содержания ионов тяжелых металлов в реке Или и ее протоках / М. Мырзахметов, Г.Б. Куджубаева. Абу Сафия Мухаммед. // Наука и новая технология, №5. -Бишкек: изд-во НЖи ДХЛ, 2011. -С. 29-31.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

159. **Абу Сафия Мухаммед.** Характеристика нефтесодержащих сточных вод / Абу Сафия Мухаммед. // Вестник КГУСТА. №4(34).-Бишкек: КГУСТА, 2011. -С.75-78.

160. Абу Сафия Мухаммед. Моделирование процессов очистки нефтесодержащих сточных вод / Абу Сафия Мухаммед. // Вестник КГУСТА №4(34). -Бишкек: КГУСТА, 2011. -С.85-88.

161. **Калиев, С.М.** Исследование влияния различных параметров технологических процессов на качество очищенной воды / С.М. Калиев, Б.Р. Бокиев, Абу Сафия Мухаммед и др. // Известия КГТУ им. И.Раззакова, №24. -Бишкек: изд-во «Текник», 2011. - С.303-307.

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ПРИЛОЖЕНИЕ

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ

ӘДІЛЕТ МИНИСТРЛІГІ
ЗИЯТКЕРЛІК МЕНШІК ҚҰҚЫҒЫ КОМИТЕТІ

№ 52682

АВТОРДЫҢ КУӘЛІГІ

АСТАНА

Настоящим удостоверяется, что АБУ САФИЯ МУХАММЕД МАХМУД

и Жумартов Ельшибек Батырбекович; Жумартова Алия Ельшибековна

является(ются) автором(ами) полезной модели

(11) 300

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

(73) Патентообладатель Жумартов Ельшибек Батырбекович

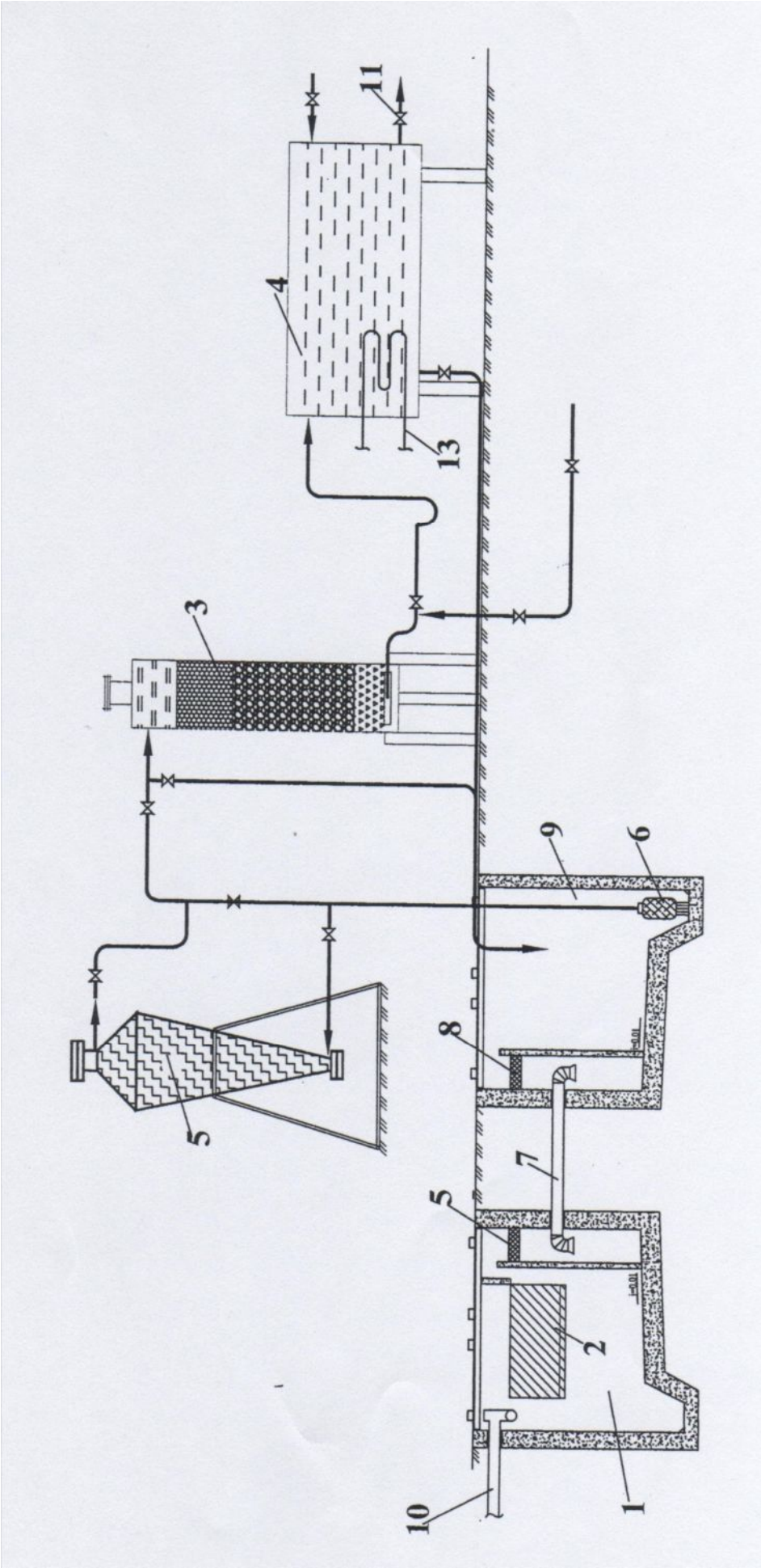
(21) 2006/004.2

(22) 19.01.2006

Председатель Комитета по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан М.О. Айкенов

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

Продолжение приложения 1



Установка для очистки сточных вод

ABBYY PDF Transformer 2.0 Click here to buy www.ABBYY.com

ПРИЛОЖЕНИЕ

"УТВЕРЖДАЮ"
Директор Научно-производственного комплекса «Автотранс»
_____ Е.Ботаханов
"___" _____ 20___ г.

АКТ

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Абу Сафия Мухаммеда Махмуда на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04 – «Водоснабжение, канализация, строительные системы и охрана водных ресурсов» на тему «Разработка технологической схемы оборотного водоснабжения автомойки»

Комиссия в составе: директор научно-производственного комплекса «Автотранс» к.т.н., доц. Ботаханов Е.; зав.каф. «Строительные системы и сети» д.т.н., проф. Мырзахметов М.М.; к.т.н., проф. Тогабаев Е.Т.; д.т.н., проф. Акмалаев К.А.; д.т.н., проф. Кошумбаев М.Б. свидетельствует о том, что при разработке технологической схемы оборотного водоснабжения автомойки были реализованы следующие научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Абу Сафия Мухаммеда Махмуда:

- результаты теоретических и экспериментальных исследований по фильтрованию НСВ, взвешенных веществ предприятий автомобильного транспорта на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;
- критериальная модель процесса фильтрования НСВ, взвешенных веществ на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;
- оптимальные технологические параметры очистки НСВ, взвешенных веществ предприятий автомобильного транспорта на коалесцирующих фильтрах;
- технологическая схема оборотного водоснабжения автомйки.

Реализация материалов диссертации Абу Сафия Мухаммеда Махмуда позволила:

- установить целесообразность применения коалесцирующих фильтров с загрузкой из гранулированного полипропилена для очистки НСВ, взвешенных веществ предприятий автомобильного транспорта;
- разработать критериальная модель процесса фильтрования НСВ на коалесцирующих фильтрах и определить область применения результатов исследований;
- определить и обосновать оптимальные технологические параметры процесса фильтрования на коалесцирующих фильтрах с загрузкой из гранулированного полипропилена;
- разработать технологическая схема очистки НСВ, взвешенных веществ предприятий автомобильного транспорта.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- результаты исследований приняты к внедрению в Научно-производственный комплекс «Автотранс» г.Алматы при разработке проекта реконструкции существующих локальных очистных сооружений по очистке нефтесодержащих сточных вод и взвешенных веществ.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

Разработана технологическая схема очистки НСВ предприятий автомобильного транспорта с применением коалесцирующих фильтров с гранулированной полипропиленовой загрузкой. Годовой экономический эффект от внедрения рекомендуемой технологической схемы очистки воды составит 2175,34 тыс.тенге.

Председатель комиссии: Ботаханов Е.

Члены комиссии: Мырзахметов М.М.
Тогабаев Е.Т.
Акмалаев К.А.
Кошумбаев М.Б.

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com

ABBYY PDF Transformer 2.0
Click here to buy
www.ABBYY.com