

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г. В. Сакаш

подпись

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

08.03.01.06 – Водоснабжение и водоотведение

Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод

Пояснительная записка

Руководитель \_\_\_\_\_ к. х. н, профессор Т. И. Халтурина  
подпись, дата

Выпускник \_\_\_\_\_ В. А. Селезнева  
подпись, дата

Консультанты:

Научная и технологическая часть \_\_\_\_\_ Т. И. Халтурина  
подпись, дата

Экономика \_\_\_\_\_ Т. П. Категорская  
подпись, дата

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Т. И. Халтурина  
подпись, дата

Красноярск 2016

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-строительный институт  
Кафедра инженерных систем зданий и сооружений

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ Г. В. Сакаш

подпись

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту Селезневой Виктории Александровне

Группа ИЭ 12-21 Направление (специальность) 08.03.01.06 Водоснабжение и водоотведение

Тема выпускной квалификационной работы Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод

Утверждена приказом по университету №\_\_\_\_\_от\_\_\_\_\_

Руководитель ВКР Т. И. Халтурина, к. х. н, профессор, ИСИ СФУ

Исходные данные для ВКР: натуральный осадок маслоэмульсионных сточных вод ООО «КраМЗ», влажность – 99-98%, плотность – 0,9-1 г/см<sup>3</sup>, удельное сопротивление фильтрации –  $690 \cdot 10^{-10}$ - $800 \cdot 10^{-10}$  см/г, замасленность – 30,2-68,4%, производительность сооружений по обработке осадка – 18,4 м<sup>3</sup>/сут.

Перечень разделов ВКР: анализ литературных источников и патентной документации по методам обработки осадков промышленных сточных вод; исследование процесса криогенной обработки; технологический расчёт сооружений по обработке осадков; технико-экономическое обоснование выбора рациональной схемы обезвоживания маслосодержащего осадка; основы автоматизации и управления технологическими процессами

Перечень графического материала: технологическая схема очистки маслоэмульсионных сточных вод; исследование свойств, состава и структуры осадка; исследование процесса криогенной обработки; исследование свойств осадка в зависимости от условий замораживания; исследование свойств осадка в зависимости от угла наклона элерона; исследование свойств осадка при оборудовании траверсой; технологическая схема криогенной обработки осадка; технологическая схема электрокоагуляционной обработки осадка; технико-экономическое обоснование; автоматизация

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

Т. И. Халтурина

подпись, дата

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

В. А. Селезнева

подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

## ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу студентки Селезневой Виктории

Александровны

отделения строительства инженерной инфраструктуры и дорог

Инженерно-строительного института

Сибирского федерального университета

на тему «Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод»

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод» содержит 88 страниц текстового документа, 1 приложение, 51 использованных литературных источников, 10 листов графического материала.

В пояснительной записке приведён обзор литературных источников и патентной документации по методам обработки осадков промышленных сточных вод, на основании которого были определены цели и задачи работы.

Представлены данные исследований по замораживанию и оттаиванию осадков с разными значениями замасленности, что позволило изучить свойства этих осадков и выбрать оптимальные режимы криогенной обработки.

Результаты экспериментальных исследований были использованы для разработки технологической схемы кондиционирования осадка маслосодержащих сточных вод.

Выпускная квалификационная работа проведена на высоком научном уровне и представляет практический интерес.

Выпускная квалификационная работа выполнена самостоятельно и заслуживает оценку отлично, а её автор Селезнева Виктория Александровна готова к самостоятельной инженерной деятельности и присвоения ей квалификации инженера по специальности 08.03.01.06 «Водоснабжение и водоотведение».

Руководитель

к. х. н., профессор

Т. И. Халтурина

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Анализ литературных источников и патентной документации по методам обработки осадков промышленных сточных вод.....	5
2 Исследование процесса криогенной обработки.....	13
2.1 Существующее положение очистных сооружений маслоэмульсионных сточных вод ООО «КраМЗ».....	13
2.2 Исследование состава и структуры осадка.....	16
2.3 Исследование обработки осадка методом криогенеза.....	17
2.3.1 Механизм действия замораживания осадка.....	18
2.3.2 Результаты экспериментальных исследований процесса криогенной обработки.....	20
2.3.3 Исследование свойств осадка в зависимости от условий замораживания.....	24
2.3.4 Исследования по интенсификации процесса криогенной обработки.....	27
3 Технологический расчёт сооружений по обработке осадков.....	32
3.1 Расчёт установки электрокоагуляционной обработки осадка с последующей утилизацией путём рециркуляции.....	32
3.1.1 Расчёт шламонакопителя.....	32
3.1.2 Расчет усреднителя.....	34
3.1.3 Расчет напорного электрокоагулятора.....	35
3.1.4 Расчёт контактной камеры.....	41
3.1.5 Расчёт вертикального отстойника.....	42
3.1.6 Расчёт резервуара для сбора осадка.....	45
3.1.7 Расчет резервуара для сбора надильовой воды.....	45
3.1.8. Расчет вакуум-фильтра.....	46
3.2 Расчет технологической схемы криогенной обработки осадка.....	48

3.2.1 Расчет установки для замораживания.....	48
3.2.2 Расчет вертикального отстойника.....	49
3.2.3 Расчет резервуара для сбора обезвоженного осадка.....	51
3.2.4 Расчет резервуара для сбора надильной воды.....	51
3.2.5 Расчёт вакуум-фильтра.....	52
3.2.6 Аварийные иловые площадки.....	53
4 Технико-экономическое обоснование выбора рациональной схемы обезвоживания маслосодержащего осадка.....	54
4.1 Расчёт капитальных вложений.....	54
4.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат.....	56
4.3 Расчёт приведённых затрат.....	61
4.4 Определение себестоимости обработки осадка.....	62
4.5 Расчет показателей экономической эффективности.....	62
5 Основы автоматизации и управления технологическими процессами.....	66
5.1 Основные понятия управления.....	67
5.2 Иерархия управления системами водоподготовки.....	69
5.3 Автоматизация установки для обезвоживания осадка.....	72
5.4 Схема управления электродвигателем.....	73
5.5 Энергосбережение в насосных установках.....	74
5.6 Автоматизация удаления осадка из отстойника.....	75
Заключение.....	77
Список использованных источников.....	78
Приложение А Методика проведения анализа, характеризующего состав и свойства маслосодержащего осадка.....	84

## ВВЕДЕНИЕ

Задачей выпускной квалификационной работы является разработка эффективного способа обезвоживания осадка маслосодержащих сточных вод, образующихся на металлообрабатывающих предприятиях.

В данной работе разработана технологическая схема кондиционирования осадков сточных вод, содержащих эмульгированные нефтепродукты, с учётом региональных условий.

Металлообрабатывающее производство характеризуется токсикологической опасностью образующихся сточных вод и осадков, что ведёт к увеличению техногенного воздействия на окружающую среду. Основным требованием, предъявляемым к системам обезвоживания осадков маслосодержащих сточных вод, является не только улучшение водоотдающих свойств осадка, но и возможность создания схем для обработки с учётом региональных условий, исключающих загрязнение окружающей среды. К другим требованиям, которым должны отвечать современные цеха по обезвоживанию осадка относятся: компактность, устойчивость в работе, высокий уровень автоматизации, минимальная материалоемкость, энергоёмкость, потребление реагентов и электроэнергии, простота в обслуживании и эксплуатации, что даёт возможность их применения на действующих предприятиях с дефицитом свободной площади.

Недостаточная изученность закономерностей криогенной обработки в естественных условиях для увеличения водоотдающей способности осадков определяет актуальность данной работы.

Научная новизна работы заключается в том, что обоснована и экспериментально подтверждена возможность регулирования процесса криогенной обработки для улучшения процесса водоотдачи.

## **1 Анализ литературных источников и патентной документации по методам обработки осадков промышленных сточных вод**

При очистке сточных вод металлообрабатывающих предприятий наиболее сложной проблемой является обработка осадков. Сточные воды, которые поступают на очистные сооружения, имеют весьма разнообразный состав загрязнений [1], поэтому и состав осадков также может быть разным.

Осадки представляют собой суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической и физико-химической очистки [2].

Осадки производственных сточных вод можно разделить на три группы:

- а) осадки минерального состава;
- б) осадки органического состава;
- в) смешанные осадки.

Осадок первой группы обрабатывается и по возможности утилизируется, а осадок второй и третьей группы разнообразен по своему составу и свойствам, поэтому его обработать намного сложнее [3].

Обработка осадков сточной воды состоит из следующих стадий [3,4]:

- а) уплотнение (сгущение);
- б) стабилизация;
- в) кондиционирование;
- г) обезвоживание;
- д) утилизация;
- е) ликвидация.

Эффективное уплотнение является важной частью общей проблемы обезвоживания осадка. На этом этапе снижается влажность осадка до 40%, существенно повышается плотность сухого осадка и значительно уменьшается его объём в 2,5 раза [5]. Вследствие этого уменьшается и строительный объём метантенков в случае сбраживания осадка, так же увеличивается производительность такого оборудования как вакуум-фильтры, центрифуги,

фильтр-прессы при механическом обезвоживании. Снижение объёма осадка приводит к уменьшению затрат при его транспортировке и накоплении.

Различают следующие способы уплотнения осадков [5, 4]:

- а) гравитационное уплотнение;
- б) флотационное;
- в) центробежное;
- г) вибрационное.

Гравитационное уплотнение – наиболее распространённый метод уменьшения объёма осадка, но он не настолько эффективен как флотационное уплотнение. Флотационное уплотнение имеет меньшую продолжительность процесса и более глубокий эффект [6]. Центробежное уплотнение применяется редко из-за больших габаритов и дороговизны оборудования. Вибрационное уплотнение является самым эффективным благодаря высокой скорости протекания процесса [7].

Стабилизация осадков применяется для предотвращения их загнивания при длительном хранении на открытом воздухе. Наиболее распространённым методом стабилизации является анаэробное сбраживание в метантенках. Также применяется аэробная стабилизация, под которой понимается длительное аэрирование осадков в сооружениях типа аэротенков-стабилизаторов [8]. Аэробная стабилизация основывается на том, что при недостатке внешнего источника питания, бактерии могут использовать свой собственный клеточный материал [9].

Цель кондиционирования – улучшение водоотдающих свойств осадков путём изменения их структуры и форм связей воды [10].

Кондиционирование осадков проводят для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения их водоотдачи при обезвоживании [11]. Плохая влагоотдача осадков затрудняет последующую обработку и утилизацию [2].

Применяют следующие методы кондиционирования [3]:

- а) реагентная обработка;

- б) тепловая обработка;
- в) жидкофазное окисление;
- г) криогенез (замораживание и оттаивание).

Наибольшее распространение получила реагентная обработка [12].

Реагентная обработка – процесс укрупнения и объединения в хлопья тонкодисперсных и коллоидных частиц при добавлении в осадок коагулянтов [13]. Для этого процесса применяют коагулянты и флокулянты органического и неорганического происхождения, так же применяются высокомолекулярные флокулянты [3,14,15]. Неорганические коагулянты, представляют собой минеральные реагенты, а органические – искусственные полимеры [16].

При коагуляции осадков чаще используют два или несколько реагентов. Часто применяется способ кондиционирования осадков сточных вод с помощью неорганических коагулянтов в сочетании с известью [8]. В качестве неорганических коагулянтов применяют соли железа, алюминия и известь, которые вводят в обрабатываемый осадок в виде 10%-ных растворов [17]. Наиболее эффективным является хлорное железо, применяемое обычно в сочетании с известью [18].

Известь нейтрализует кислоты, образующиеся при гидролизе коагулянтов, вступает в химические реакции с кислотами и органическими веществами, находящимися в осадках. При этом сокращается расход основного реагента и предотвращается загнивание осадка. Поэтому известь получила наибольшее распространение [19].

У кондиционирования осадка минеральными реагентами есть недостатки: большой массовый расход, высокая коррозионная активность, затруднения при транспортировании и хранении, внесение большого количества (40%) балластных веществ, что значительно увеличивает стоимость вывозки осадка, а также сокращает полезный объём полигона для их захоронения [20].

Преимущество использования органических коагулянтов заключается в образовании меньшего количества осадка, который образуется в процессе

коагуляции, так как при обработке воды полимерами гидроксидов не образуется [16].

В качестве коагулянтов можно использовать отходы некоторых производственных процессов, что значительно сокращает стоимость реагентов и разрешает проблемы их утилизации. Такими реагентами могут быть железный купорос, отходы, содержащие хлористый алюминий, алюмосодержащие отходы, карбидный шлам, кислые железосодержащие сточные воды травления черных металлов [21].

Для изменения структуры осадка и улучшения его способности отдавать влагу применяют высокомолекулярные флокулянты. Действие флокулянтов проявляется в ускорении процесса образования и повышения прочности коллоидных структур, а также связывании микрохлопьев в крупные агрегаты [22].

Различают катионные, анионные и неионогенные флокулянты [23]. Обычно они используются как добавка к неорганическим коагулянтам для более интенсивного образования хлопьев.

Для обработки осадков, содержащих большое количество органических веществ (зольность 25-50%), применяют катионные флокулянты. При более высокой зольности – смесь катионных и анионных флокулянтов [2,3].

Широко используют синтетический флокулянт – полиакриламид (ПАА), который является основой широко известных флокулянтов «Praestol», «Flopan» [24].

Экспериментально установлено, что введение флокулянта «Praestol» при использовании сорбента-коагулянта приводит к укрупнению хлопьев и улучшению фильтрационных свойств [12].

Применение флокулянта «Zetag» позволяет улучшить водоотдающие свойства осадка в большей степени, чем флокулянт «Praestol» [25].

Синтетические флокулянты дороги, токсичны и являются источником вторичного загрязнения сточных вод, требующего дополнительных мер по

очистке или обезвреживанию. Поэтому актуальны поиски безреагентных методов коагуляции [2].

Тепловая обработка применяется для обработки осадков промышленных сточных вод с зольностью 30-40%.

Во многих развитых странах (США, Великобритании, Германии) тепловая обработка используется в качестве основного метода подготовки осадков к дальнейшему обезвоживанию. Впервые этот метод появился в Англии.

Данный метод заключается в нагревании осадка до 150-200°C и выдерживании его в закрытой ёмкости в течении 0,5-2 ч. при этой температуре. Происходит изменение структуры осадка: около 40% сухого вещества переходит в раствор, а оставшаяся часть приобретает водоотдающие свойства [26]. Осадок после тепловой обработки быстро уплотняется до влажности 92-94%, и его объём составляет 20-30% исходного [6]. За рубежом тепловую обработку часто применяют в сочетании со сбраживанием в мезофильных условиях [19]. Сбраживание происходит при средних температурах, обеспечивающих рост микроорганизмов [27].

При тепловой обработке снижается удельное сопротивление осадков, что позволяет легко обезвоживать осадок на вакуум-фильтрах или фильтрах-прессах.

Одним из достоинств метода тепловой обработки является полная стерильность обработанного осадка, так же осадок имеет низкую влажность и не загнивает при хранении [19].

Данный метод обработки осадков имеет недостатки, к которым относится конструкционная сложность оборудования, большие затраты электроэнергии и высокое содержание органических компонентов в фильтрате, которые необходимо направлять на биологическую очистку. При тепловой обработке выделяются дурно пахнущие газы, которые требуют предварительной очистки перед выбросом их в атмосферу [28,19,26].

Применяется и жидкофазное окисление. В зарубежной практике известен как метод Циммермана [26]. Сущность метода заключается в окислении органической части осадка кислородом воздуха при высокой температуре и высоком давлении. Этот метод ещё называют мокрым сжиганием. О глубине процесса жидкофазного окисления органической части осадка судят по снижению величины ХПК (химическое потребление кислорода) [6].

С применением гомогенных или гетерогенных катализаторов значительно сокращается время окисления. В качестве катализаторов применяются оксиды или гидроксиды металлов переменной валентности, активированный уголь, полифталоцианин кобальта [29].

Жидкофазное окисление – это перспективный метод, но он недостаточно хорошо изучен и требует новых конструкторских решений, исследований в этой области [30].

Применение криогенной обработки в Сибири экономически выгодно, так как замораживание может происходить в естественных условиях. При оттаивании образуются меньшие объемы осадков, что позволяет сократить антропогенное воздействие на окружающую среду [26].

Метод заключается в том, что при замораживании часть связанной влаги переходит в свободную, происходит коагуляция твёрдых частиц осадка и снижается удельное сопротивление осадка. При оттаивании происходит влагоотдача осадков [26]. Замораживание происходит при температуре от  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  в течении 50-120 минут [8].

В [31] установлено, что метод криогенной обработки приводит к изменению структуры осадка, а так же при этом улучшаются водоотдающие свойства. Процесс криогенеза необходимо регулировать для интенсификации обезвоживания [32].

Этот метод хорош тем, что удаляемая вода не имеет дополнительных загрязнений, как это наблюдается у других методов.

На кафедре Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета разработана установка для обезвоживания осадков

сточных вод путём замораживания в естественных условиях для улучшения водоотдающих характеристик осадка [33].

Для осуществления процесса замораживания и оттаивания осадков в искусственных условиях используют холодильные машины, основанные на применении аммиака и барабанные установки [34]. Расход электроэнергии при этой обработке составляет 50 кВт/м<sup>3</sup> осадка. Для уменьшения затрат электроэнергии, тепло при замораживании собирают и используют для оттаивания [35].

Для небольших объёмов осадка и низких концентраций масел целесообразно использовать электрохимическую коагуляцию. Из литературных источников [8,36] известен метод электрокоагуляционной обработки осадков. Простота устройств, ограниченный расход реагентов, автоматическое управление процессами делают электрообработку перспективным методом [37]. Недостатком электрокоагуляционного метода являются затраты электроэнергии и металла.

Известен метод ультразвуковой обработки осадка [8]. Метод привлекает низкими капитальными затратами, легкостью встраивания в существующие сооружения и простотой эксплуатации [38]. Этот метод широко применяется в Швеции, Германии, Новой Зеландии, Испании, Венгрии, Австралии и Сингапуре [38].

При воздействии ультразвука на осадок высвобождается часть влаги в результате разрушения стенок клетки. Для достижения требуемого эффекта кондиционирования осадка рекомендуется этот метод применять в комплексе с другими методами [1].

Применяется обезвоживание осадка путём фильтрования, заключающееся в процессе отделения твёрдых веществ от жидкости, происходящего при разности давлений над фильтрующей средой и под ней [19].

Для механического обезвоживания осадков производственных сточных вод применяют вакуум-фильтр, фильтр-прессы и центрифуги. Так же

применяются вибрационные фильтры, которые имеют высокую производительность и не очень высокую стоимость [39].

При выборе обезвоживающего оборудования нужно учитывать следующие параметры: производительность; влажность осадков, подаваемых на обезвоживание; влажность обезвоженных осадков; эффективность задержания сухого вещества; концентрация взвешенных веществ в фильтрате [40].

В 1991 году был разработан шнековый обезвоживатель VOLUTE фирмы AMCON, его структура позволяет выполнять сразу 2 функции: сгущение и обезвоживание в одной машине. В настоящее время установлено более 2500 единиц обезвоживателей в 60 странах мира и более 500 в городах России. Он исключает запах, занимает меньше места и уменьшает эксплуатационные расходы [41].

Широкое распространение получила термическая сушка осадков. Она заключается в обеззараживании и уменьшении влажности осадка с 83-86% до 10-20% [42]. Основана на использовании тепла для испарения влаги [18]. Часто используются в качестве подготовительного процесса для последующего сжигания осадков [43].

Если нет возможности использовать обезвоженный осадок для каких-либо целей, то его сжигают.

Сжигание – процесс окисления органической части осадков при повышенной температуре до нетоксичных газов (двуокись углерода, водяные пары и азот) и выделения минеральной части в виде расплава или сухого порошка (золы). Теплота используется для подогрева воздуха, который необходим для сжигания, а зола применяется как присадочный материал для интенсификации процесса обезвоживания осадков на вакуум-фильтрах или фильтр-прессах [19,44].

Сжигание проводят в топочных устройствах различного вида.

Широко применяемая технология сжигания осадка экологически опасна, поскольку сжигание осадка сопровождается выделением токсичных

пылегазовых выбросов, содержащих оксиды серы (IV и VI), хлора и хлорсодержащих соединений, диоксинов, что приводит к необходимости создания комплексной многоступенчатой системы очистки газов от пыли и газообразных примесей [45].

С 2005 года в Германии запретили хранить отходы на полигонах, поэтому там стало широко применяться сжигание [46,43]. Сжигание широко распространено и на очистных сооружениях города Санкт-Петербург [47].

В зарубежных странах часто применяемое сжигание комбинируют с другими бытовыми твёрдыми отходами, что оказывается экономически выгодным [43].

Итогом обработки осадка сточных вод будет являться такой продукт, который будет минимально наносить ущерб окружающей среде после его утилизации.

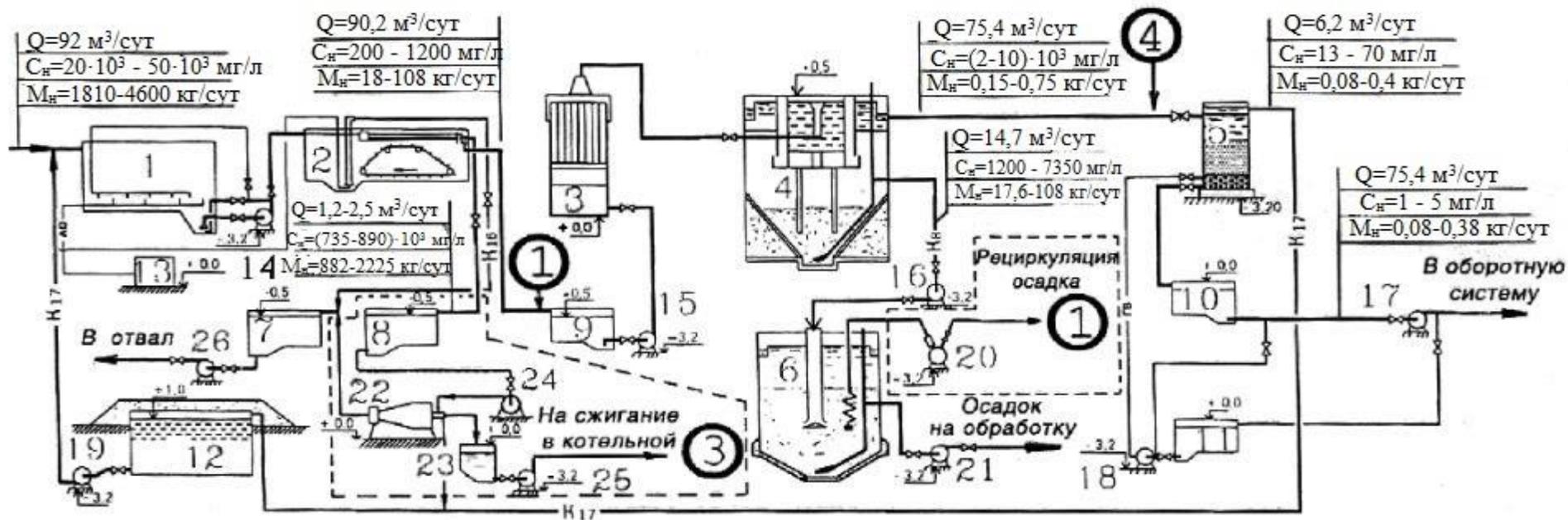
Таким образом, в настоящее время, актуальным является решение проблемы сокращения отходов промышленных предприятий, так как не достаточно разработано комплексных высокоэффективных технологий обезвоживания и утилизации осадков промышленных предприятий, для условий Сибири и Крайнего Севера.

## **2 Исследование процесса криогенной обработки**

### **2.1 Существующее положение очистных сооружений маслоэмульсионных сточных вод ООО «КраМЗ»**

Загрязнённые нефтепродуктами стоки от Прессового производства ООО «КраМЗ» по коллектору поступают в резервуар-усреднитель 1, где происходит усреднение стоков, как по концентрации, так и по расходу, затем с помощью насосов 14 подаются в нефтеловушку 2. Плёночные нефтепродукты собираются поворотной щелевой трубой и по трубопроводу отводятся в бак 7. Замасленные отходы из приемка нефтеловушки с помощью гидроэлеватора также отводятся в бак, откуда откачиваются песковым насосом 26 и вывозятся в отвал. После

нефтеловушки сточные воды, содержащие эмульгированные и растворённые нефтепродукты поступают в промежуточный резервуар 9, откуда насосом 15 подаются в напорный электролизёр 3 с растворимыми анодами. Здесь происходит насыщение сточной жидкости коагулирующими ионами алюминия за счёт анодного растворения, при этом на катоде выделяется водород с одновременным подщелачиванием сточной воды. Для агломерации хлопьев предусмотрена водоворотная камера хлопьеобразования, встроенная в вертикальный отстойник 4, где происходит отделение осадка. Осадок, с расходом  $Q=18,4$  м<sup>3</sup>/сут, с сорбированными нефтепродуктами с помощью перекачиваемого насоса 16 поступает в шламонакопитель 6, откуда насосом 21 подаётся на обработку на вакуум-фильтры, после чего направляется на шламовые площадки завода. Сточная жидкость после отстойника 4 для доочистки поступает на фильтры 5. Очищенные стоки собираются в резервуаре чистой воды 10, откуда насосом 17 направляется на пополнение оборотной системы. Промывка фильтрующей загрузки осуществляется горячей водой из резервуара 11 с помощью насоса 18. Загрязнённая промывная вода направляется в резервуар 12, откуда насосом 19 перекачивается в голову очистных сооружений. Технологическая схема очистки маслоэмульсионных сточных вод металлургического завода представлена на рисунке 2.1.



1 – резервуар-усреднитель; 2 – нефтеловушка; 3 – напорный электролизер; 4 – вертикальный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования; 5 – скорые фильтры с зернистой загрузкой; 6 – шламонакопитель; 7 – бак замасленных отходов удаляемых из приемка нефтеловушки; 8 – бак для сбора из нефтеловушки пленочных нефтепродуктов; 9 – промежуточный резервуар; 10 – резервуар чистой воды (РЧВ); 11 – резервуар горячей воды (РГВ); 12 – резервуар загрязненной воды после промывки фильтров (РПрВ); 13 – воздуходувки; 14 – насосная станция первого подъема; 15 – насосная станция второго подъема; 16 – насос перекачки осадка; 17 – насосы технической воды; 18 – насос промывной воды; 19 – насос перекачки промывной воды; 20 – насос рециркуляции осадка; 21 – насос подачи осадка на обработку; 22 – центрифуга; 23 – ёмкость для сбора масла; 24 – насос подачи пленочных отходов на центрифугу; 25 – насос подачи масла на сжигание; 26 – песковой насос.

Рисунок 2.1 – Технологическая схема очистки маслоэмульсионных сточных вод металлургического завода

## 2.2 Исследование состава и структуры осадка

Для исследования состава и структуры осадка был проведен рентгенофазовый анализ на дифрактометре «D8-ADVANCE», немецкой фирмы «Bruker-ASX».

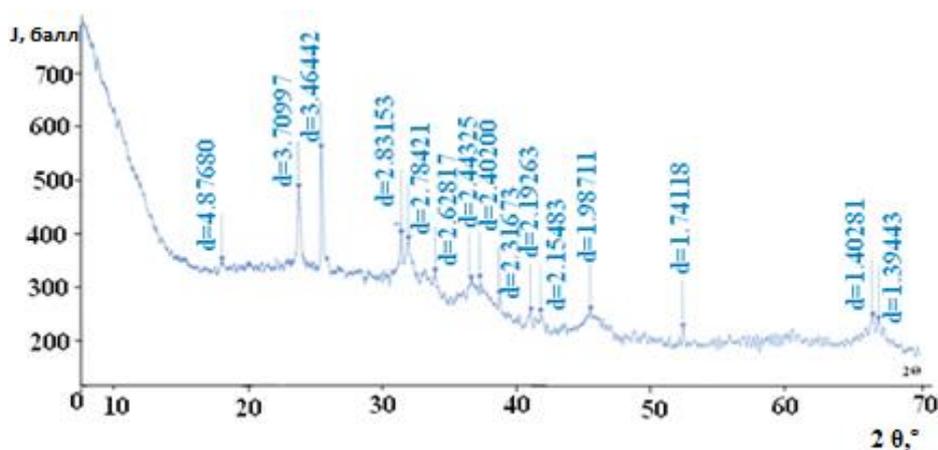


Рисунок 2.2 – Дифрактограмма исходного осадка

Как следует из дифрактограммы, представленной на рисунке 2.2, осадок представлен в основном полимерными модификациями оксида алюминия, то есть гиббситом, байеритом и бемитом, на что указывают линии с  $d=3,70$ ;  $d=3,46$ ;  $d=2,62$ ;  $d=2,40$ ;  $d=1,40$ . А линии при  $d=2,83$ ;  $d=1,98$ ; характерны для соединений кальция  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$ , так как после коагуляционной обработки величина pH доводилась до значения 7,5 при добавлении суспензии известкового молока для последующего отделения осадка. Рентгенофазовый анализ показал, что линии с  $d=4,87$ ;  $d=1,98$ ; соответствуют кварциту  $SiO_2$ . Дифрактограмма указывает на то, что степень упорядоченности осадка низкая, осадок находится в аморфном виде и представляет собой скоагулированный коллоид гидроокиси алюминия с адсорбированными частицами эмульгированных нефтепродуктов и взвешенных веществ.

Был выполнен термогравиметрический анализ осадка на приборе STA 449F1 немецкой фирмы NETZSCH, в диапазоне: 30/200 К/мин/1000, в режиме

ДСК-ТГ, где ДСК – дифференциальная сканирующая калориметрия, ТГ – кривая изменения массы, %. С помощью термогравиметрического метода (ТГ) измеряются изменения массы в зависимости от температуры или времени при определенных и контролируемых условиях. Наряду с дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК) термогравиметрия является признанным методом для анализа веществ. Термограмма представлена на рисунке 2.3.

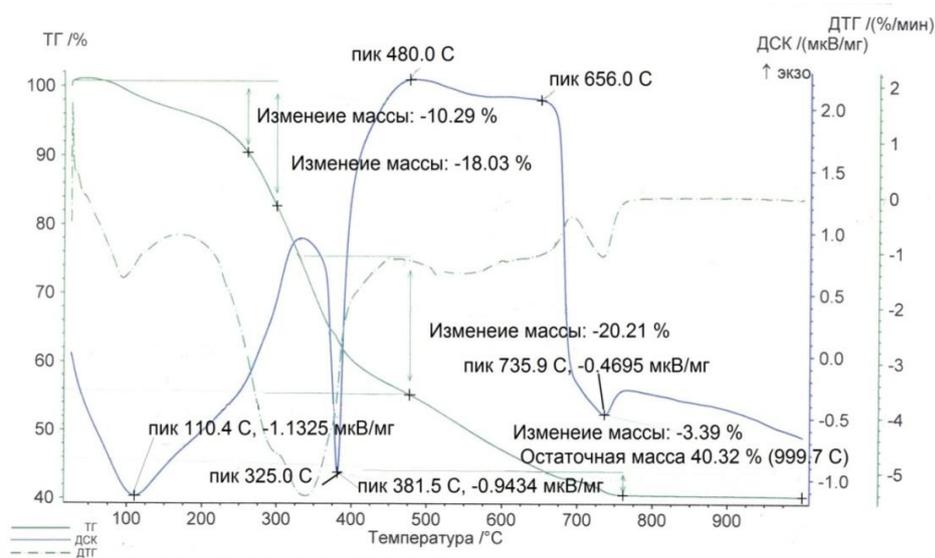


Рисунок 2.3 – Термограмма натурального осадка

На кривой ДСК наблюдается 3 эндоэффекта: из них 2 эндоэффекта связаны с дегидратацией при  $t=110,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t=381,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а при  $t=735,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит разложение  $\text{CaCO}_3$ . Экзоэффекты происходят при  $t=325,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что объясняется полиморфным превращением оксигидратных форм алюминия и двойной при  $t=480,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t=656,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  связан с выгоранием масел. Остаточная масса составляет 40,32 %.

### 2.3 Исследование обработки осадка методом криогенеза

Исследуемый осадок содержит очень много воды: 97-98% после уплотнения, 99% неуплотнённый. Улучшить процесс транспортировки и утилизации осадка помогает дополнительное его обезвоживание.

Кондиционирование проводят главным образом с целью подготовки осадка и обеспечения его нормальной эксплуатации обезвоживающих установок.

В случае гидрофильных осадков, что имеет место в нашем случае, часть связанной воды может быть освобождена и трансформирована в свободную воду. Из всех процессов кондиционирования термическая обработка намного эффективней в снижении гидрофильности частиц осадка.

Полное затвердевание осадка в результате замораживания позволяет уменьшить количество связанной воды, заключённой в осадке, вследствие перегруппировки его частиц. Эта перегруппировка приводит к образованию тонких пластинок, которые остаются сравнительно стабильными после таяния льда. Фильтруемость осадка улучшается, и он более легко отдаёт воду.

### **2.3.1 Механизм действия замораживания осадка**

Замораживание и оттаивание приводит к изменению физико-химической структуры осадков, вследствие перераспределения различных форм связи влаги с твёрдыми частицами осадка. Свободная вода, не содержащая примесей, а также структурная влага и влага смачивания замерзает при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ . Температура замерзания капиллярной влаги зависит от толщины капилляра, причем, чем тоньше капилляр, тем более низкая температура нужна для замерзания воды, находящейся в них, что связано с необходимостью преодоления сил капиллярной связи.

Замерзание воды, удерживаемой физико-химической связью, затруднено из-за ориентации молекул воды относительно поверхности твёрдых и коллоидных частиц.

По мере приближения к поверхности частиц ориентация молекул усиливается, увеличивается плотность воды, и следовательно понижается температура её замерзания. При этом мономолекулярный слой воды, находясь под большим давлением, приближается к твёрдому состоянию и при понижении температуры не проявляет видимых признаков изменений.

Применяемые в настоящее время методы механического обезвоживания осадков, а также естественное обезвоживание на иловых площадках позволяют удалить из осадков лишь основную массу свободной воды. Для увеличения водоотдающей способности осадков необходимо изменить физико-химическую структуру последних с тем, чтобы увеличить общее количество свободной воды. Такое изменение физико-химической структуры позволяет добиваться более глубокого и более быстрого их обезвоживания.

Влияние замораживания и оттаивания на изменение физико-химической структуры осадков известно из процессов тепловой сушки, который позволяет установить характер связи влаги с твёрдой фазой и количественное соотношение различных форм связи влаги.

При охлаждении осадка в первую очередь начинает кристаллизоваться свободная влага. Ввиду того, что вода в твёрдом и жидком состоянии имеет различное строение, при переходе из жидкого состояния в твёрдое и наоборот должна постоянно происходить перестройка её структуры.

Молекулы жидкой фазы осадка, находящиеся в непосредственном соприкосновении со льдом, ориентируются таким образом, чтобы иметь возможность достроить свою кристаллическую решётку льда. При этом твёрдые частички вытесняются из слоя кристаллизирующейся жидкости в сторону, противоположную поверхности теплоотведения. Благодаря способности воды мигрировать через стенки происходит обезвоживание ячеек коллоидов, которые в результате этого сжимаются.

При разделении фаз происходит концентрация твёрдых частиц в одном месте и их укрупнение.

Так как кристаллический лёд не содержит растворимых веществ, то на границе между замёрзшим и незамёрзшим осадком образуется скопление концентрированных электролитов, которые имеют более низкую температуру замерзания. Концентрированные растворы, находящиеся на границе раздела фаз, всасывают влагу из менее концентрированных растворов, способствуя тем самым диффузии воды к поверхности льда.

Если процесс замораживания протекает достаточно медленно, когда нарастание слоя не превышает 0,02 м/ч, то основная масса влаги, способная к диффузии при данных условиях, успевает мигрировать из ячеек коллоида к поверхности льда, где она и замерзает.

Давление, возникшее при расширении воды, способствует коагуляции обезвоженных и укрупнившихся твёрдых частиц.

При увеличении интенсивности замораживания скорость вытеснения твёрдых частиц становится соизмеримой со скоростью замерзания. При этом мигрировать успевает небольшая часть воды, а основная влага замерзает там, где она первоначально находилась. Твёрдые частицы при быстром замораживании не успевают вытесняться из кристаллизующегося льда и захватываются им, не давая возможности твёрдой фазе сконцентрироваться. Скорость нарастания слоя замороженного осадка, обеспечивающая необходимое улучшение водоотдачи, не должна превышать 0,04-0,07 м/ч.

После оттаивания медленно замороженный осадок хорошо отдаёт воду, что объясняется изменением его исходной физико-химической структуры, в то время как быстро замороженный осадок не улучшает водоотдающей способности и не изменяет исходной физико-химической структуры.

### **2.3.2 Результаты экспериментальных исследований процесса криогенной обработки**

В фарфоровые чашки заливался равный объём (97 мл) разных осадков с  $S_{уд}^{опт}=73$  мм<sup>2</sup>/мл (т.е. одинаковая толщина слоя) и фиксировалась глубина промерзания (h) через определённые промежутки времени:  $\tau=0, 30, 60, 90, 120, 150, 180$  мин. при различных температурах в естественных условиях; также фиксировалась глубина промерзания (h) при одной температуре, но разной скорости ветра. По полученным данным, приведённым в таблицах 2.1 и 2.2, строились графические зависимости кинетики замораживания осадка с

помощью табличного процессора Excel, показанные на рисунках 2.4, 2.5, 2.6. Также была проведена аппроксимация графических зависимостей.

Таблица 2.1 – Глубина промерзания осадков при различных температурах в естественных условиях

$\tau$ , час	$S_{уд}^{опт}=73\text{мм}^2/\text{мл}, h=20\text{ мм}$				
	$v_в=8-12\text{ м/с}, \text{ запад } t_{зам}=-15^\circ\text{C}$				
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%	Z=30,2%
0,5	5	5	5	8	8
1	17	11	13	13	14
1,5	24	20	16	16	20
2	26	26	26	26	26
$\tau$ , час	$v_в=8-12\text{ м/с}, \text{ запад } t_{зам}=-17^\circ\text{C}$				
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%	Z=30,2%
	0,5	4	4	4	2
1	7	5	6	4	5
1,5	13	12	12	6	9
2	20	19	19	10	17
2,5	26	26	26	18	26
3	-	-	-	26	-

Таблица 2.2 – Глубина промерзания осадков при одной температуре, но разной скорости ветра

$\tau$ , ч	$S_{уд}^{опт}=73\text{мм}^2/\text{мл}, h=20\text{ мм}$			
	слабый ветер, $t_{зам}=-11^\circ\text{C}$			
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%
1	2	2	2	2
2	8	7	5	5
3	17	15	14	14
4	20	20	20	20

Окончание таблицы 2.2.

$\tau, \text{ч}$	$S_{\text{уд}}^{\text{опт}}=73\text{мм}^2/\text{мл}, h=20 \text{ мм}$			
	юго-западный ветер, $v_6=8-13 \text{ м/с}, t_{\text{зам}}=-8^\circ\text{C}$			
	$Z=55,5\%$	$Z=66\%$	$Z=68,4\%$	$Z=51,4\%$
1	2	2	2	2
2	11	10	8	8
3	18	16	14	12
19	20	20	20	20
$\tau, \text{ч}$	западный ветер, $v_6=8-13 \text{ м/с}, t_{\text{зам}}=-11^\circ\text{C}$			
	$Z=55,5\%$	$Z=66\%$	$Z=68,4\%$	$Z=51,4\%$
	1	8	7	4
2	16	15	12	12
3	20	20	20	20

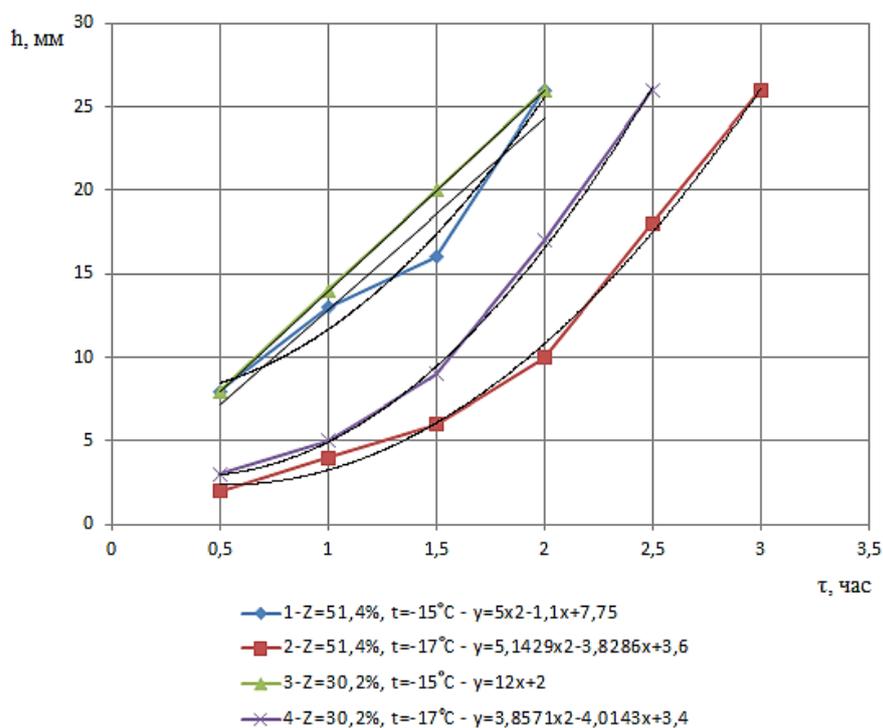


Рисунок 2.4 – Графическая зависимость кинетики замораживания осадка с разными значениями замасленности и температуры

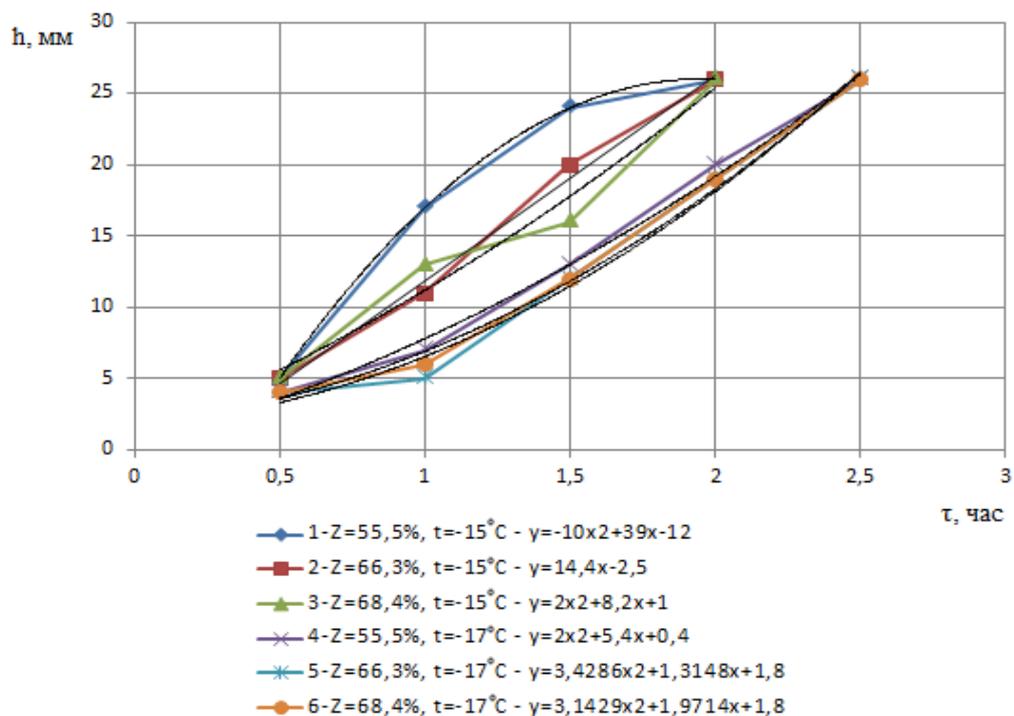


Рисунок 2.5 – Графическая зависимость кинетики замораживания осадка с разными значениями замасленности и температуры

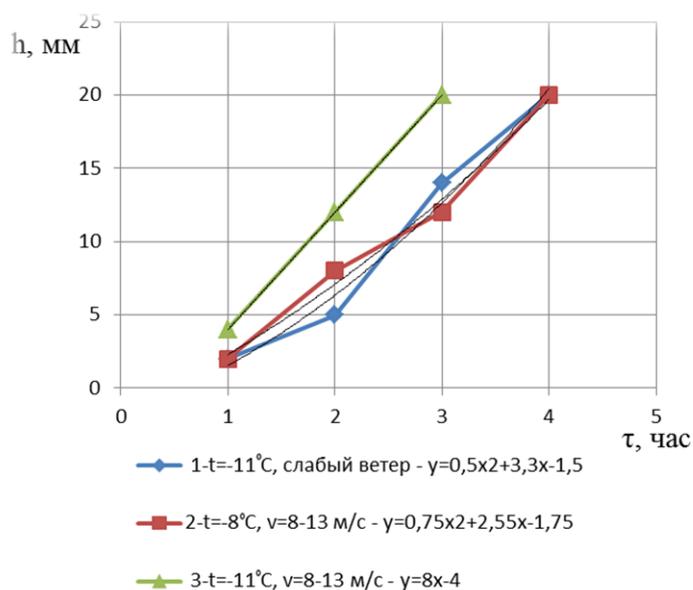


Рисунок 2.6 – Графическая зависимость кинетики замораживания осадка при одной температуре, но разной скорости ветра

Как видно из графических зависимостей, на кинетику замораживания осадка влияет замасленность и условия криогенеза.

### 2.3.3 Исследование свойств осадка в зависимости от условий замораживания

Было изучено изменение свойств маслосодержащего осадка при замораживании в естественных условиях. В таблице 2.3 представлены экспериментальные данные.

Таблица 2.3 – Свойства маслосодержащего осадка в зависимости от условий замораживания

Свойство осадка	Условия замораживания при $t$ , °C					
	Исходный	-8 $v=2$ м/с	-8 $v=2,5$ м/с	-12 $v=1,8$ м/с	-18 $v=2,1$ м/с	-30 $v=1,4$ м/с
Влажность, %	99	88	90	83,4	75,4	82
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0	1,14	1,1	1,13	1,13	1,15
Удельное сопротивление фильтрации $r \cdot 10^{-10}$ , см/г	690	69	73	61	39,6	45
Замасленность, %	51,4	47,9	48,3	46	42	47
Объём осадка, %	100	18	19	15	13	17

Как видно из таблицы 2.3, при замораживании маслосодержащего осадка и последующем оттаивании происходит уменьшение влажности на 20%, удельного сопротивления осадка фильтрации в 10-17 раз, замасленности на 6-18%, объёма осадка в 6-8 раз, наблюдается увеличение плотности, что объясняется изменением структуры осадка.

В ходе экспериментальных исследований выявлено, что более низкая температура замораживания и высокое значение скорости оказывают влияние на процесс обезвоживания. Кроме того увеличение интенсивности замораживания приводит к меньшему эффекту обезвоживания, так как скорость вытеснения твёрдых частиц и частиц масла при деформации гидрооксидных связей становится соизмеримой со скоростью замерзания.

Данные эксперимента (таблица 2.3) позволили построить графические зависимости, показанные на рисунках 2.7, 2.8, 2.9 и 2.10.

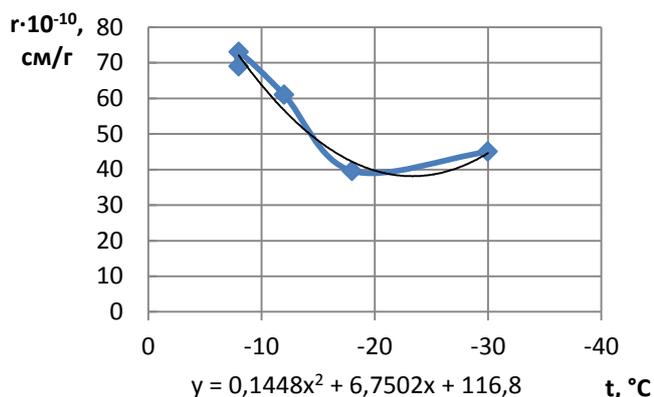


Рисунок 2.7 – Зависимость удельного сопротивления фильтрации осадка от температуры замораживания

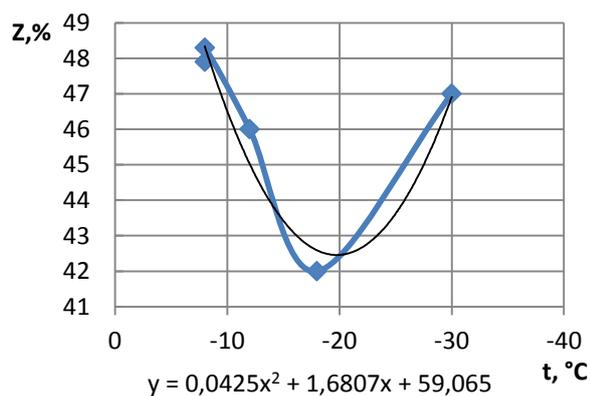


Рисунок 2.8 – Зависимость изменения замасленности осадка от температуры замораживания

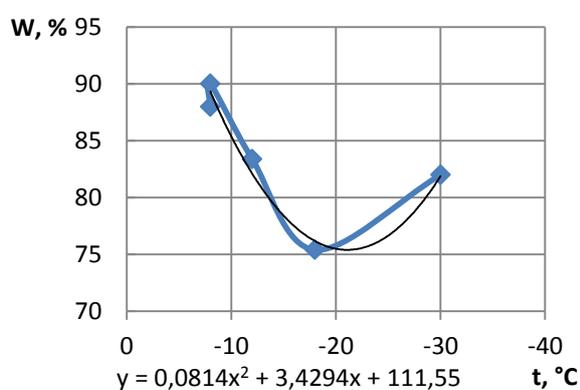


Рисунок 2.9 – Зависимость изменения влажности осадка от температуры замораживания

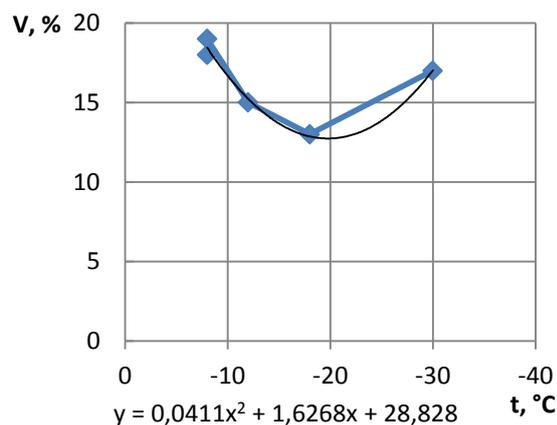


Рисунок 2.10 – Зависимость изменения объёма осадка от температуры замораживания

Полученные графические зависимости носят для осадка нелинейный характер. Снижение температуры до определённого значения ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) приводит к уменьшению свойств осадка, а дальнейшее понижение температуры приводит к увеличению его свойств, либо практически не влияет на процесс.

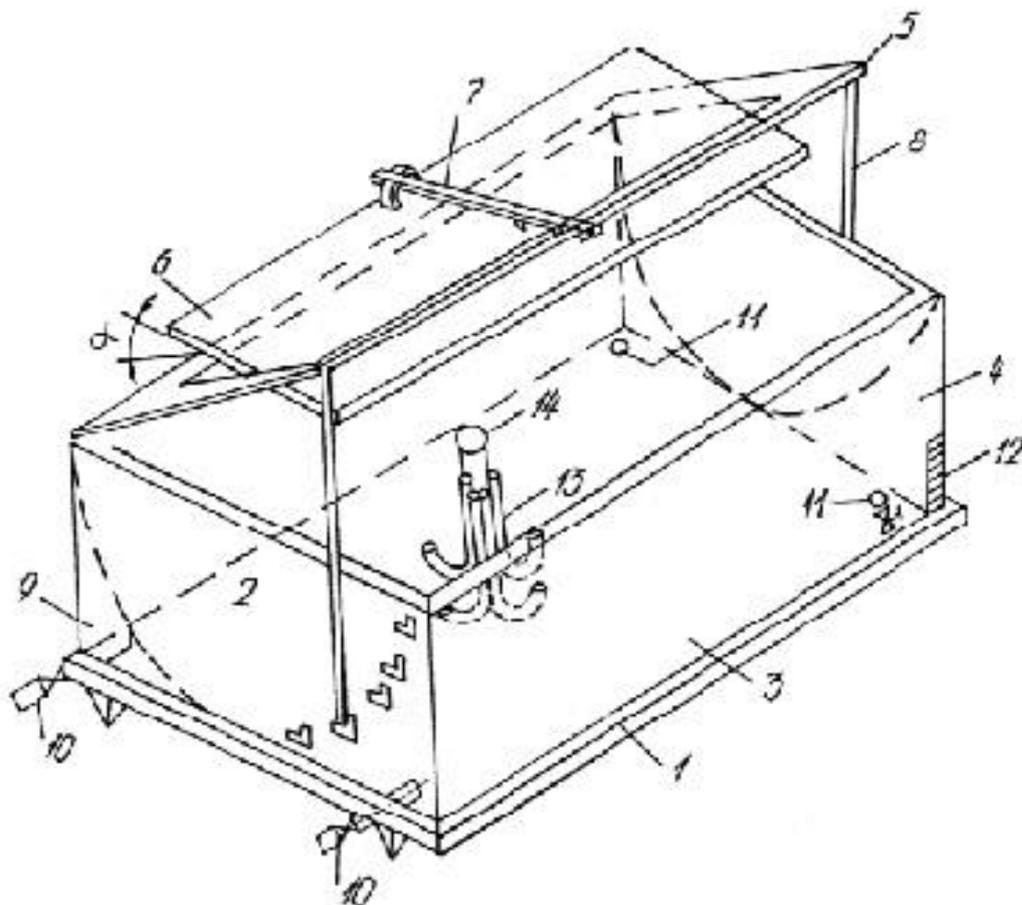
Уменьшение влажности объясняется тем, что основная масса влаги при данной скорости промораживания 0,01 успевает мигрировать из ячеек коллоида к поверхности льда, где она и замерзает. Давление, возникшее при расширении воды, способствует коагуляции обезвоженных и укрупнившихся твёрдых частиц.

Дальнейшее снижение температуры приводит к повышению влажности осадка, что связано с увеличением интенсивности замораживания. При этом большая часть связанной влаги не успевает мигрировать из ячеек коллоида, а твёрдые частицы не успевают вытесняться из кристаллизующегося льда и захватываются им, не давая возможности твёрдой среде сконцентрироваться.

Таким образом, температура замораживания определяет кинетику процесса изменения физико-химической структуры осадка и влияет на водоотдающую его способность.

### 2.3.4 Исследования по интенсификации процесса криогенной обработки

Исследования по интенсификации обработки осадка методом криогенеза были проведены на установке[48], схема которой представлена на рисунке 2.11.



1 – передвижной резервуар; 2 – полуцилиндрическая рабочая камера; 3 – боковые стенки; 4 – гидроотсеки; 5 – щит; 6 – полость, корректирующая направление движения воздушных потоков; 7 – система подъёма щита; 8 – система установки щита; 9 – торцевые стенки; 10, 11 – патрубки подачи и сброса горячей воды; 12 – термодатчик; 13 – траверса; 14 – монтажная петля.

Рисунок 2.11 – Установка для замораживания осадка

Установка состоит из рабочей камеры оборудованной щитом, в который вмонтирована плоскость-элерон, которую можно установить на определенный угол движения воздушного потока, что позволяет изменять скорость движения воздуха над охлаждающейся поверхностью осадка, интенсифицировать

теплообмен и кинетику процесса промораживания. Так же установка оборудована монтажной траверсой, через патрубки которой движется холодный воздух, ускоряя процесс замораживания.

Были проведены экспериментальные исследования по изучению влияния угла наклона элерона на водоотдачу осадка. Полученные данные позволили построить графические зависимости, приведённые на рисунках 2.12, 2.13 и 2.14.

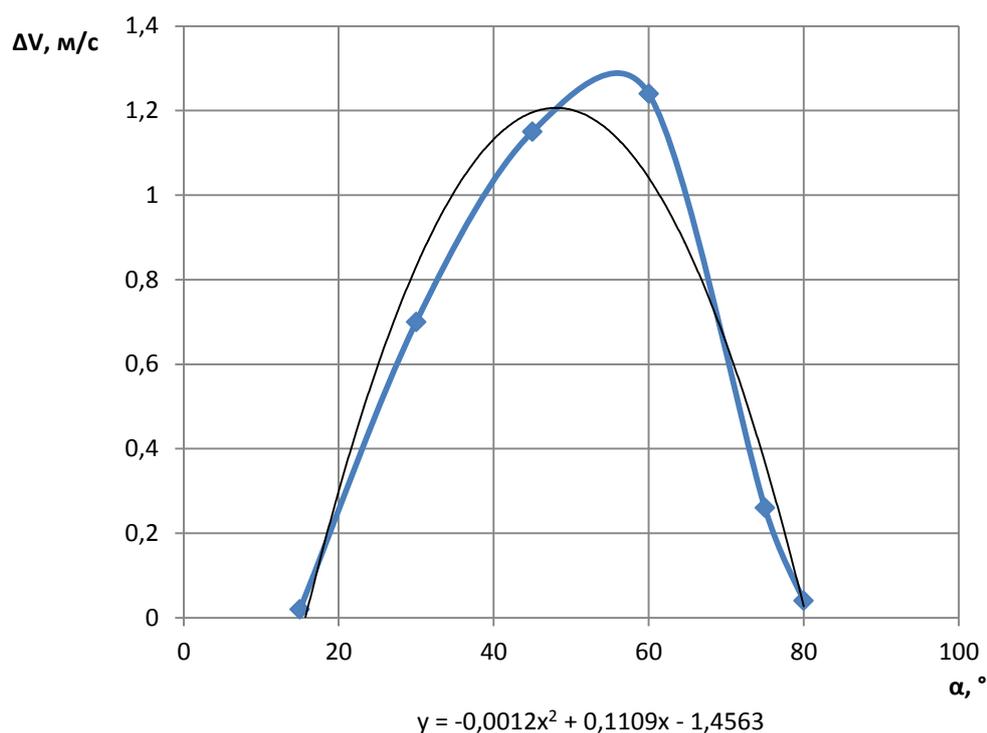


Рисунок 2.12 – Изменение скорости ветра в зависимости от угла наклона элерона

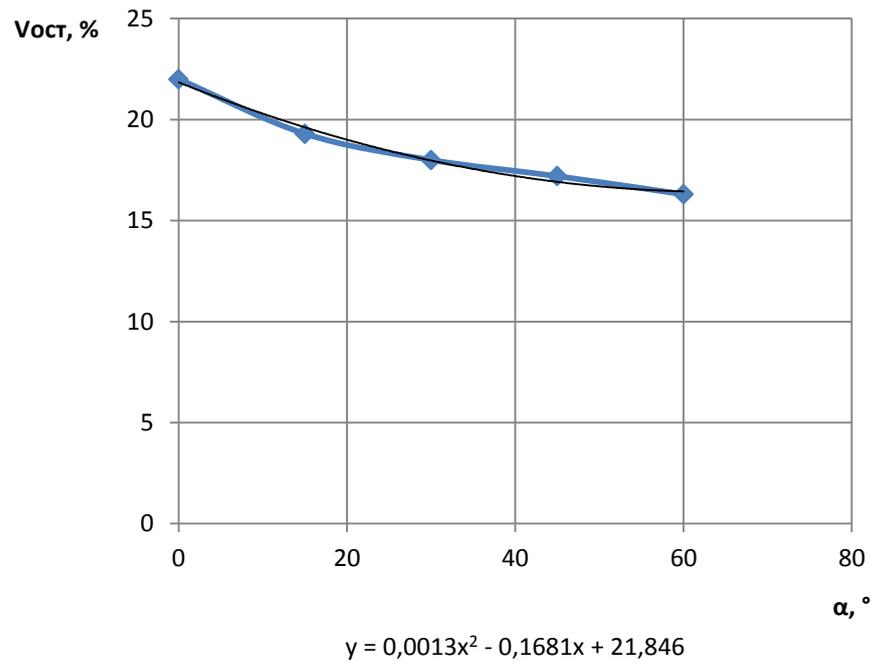


Рисунок 2.13 – Изменение остаточного объёма осадка в зависимости от угла наклона элерона

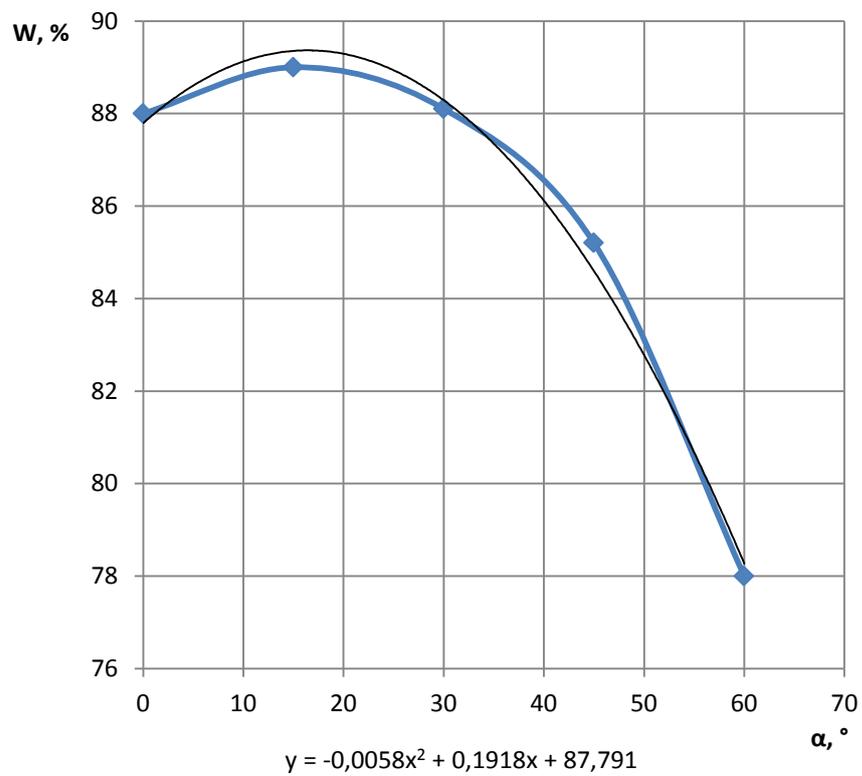


Рисунок 2.14 – Изменение влажности осадка в зависимости от угла наклона элерона

Как видно из рисунков 2.12, 2.13, 2.14, оптимальным углом наклона элерона, при котором происходит наиболее интенсивное обезвоживание осадка, является  $\alpha=60^\circ$ .

Оборудование установки плоскостью-элероном позволяет интенсифицировать скоростное поле, что влияет на поверхностную плотность теплового потока, которая определяет полноту промораживания осадка, обуславливающую обезвоживание.

Для интенсификации процесса криогенной обработки осадка и сокращения времени полного его промораживания предложено оборудовать установку полой траверсой.

Экспериментальные исследования по замораживанию осадка при оборудовании установки траверсой позволили построить графические зависимости, приведённые на рисунках 2.15, 2.16, 2.17.

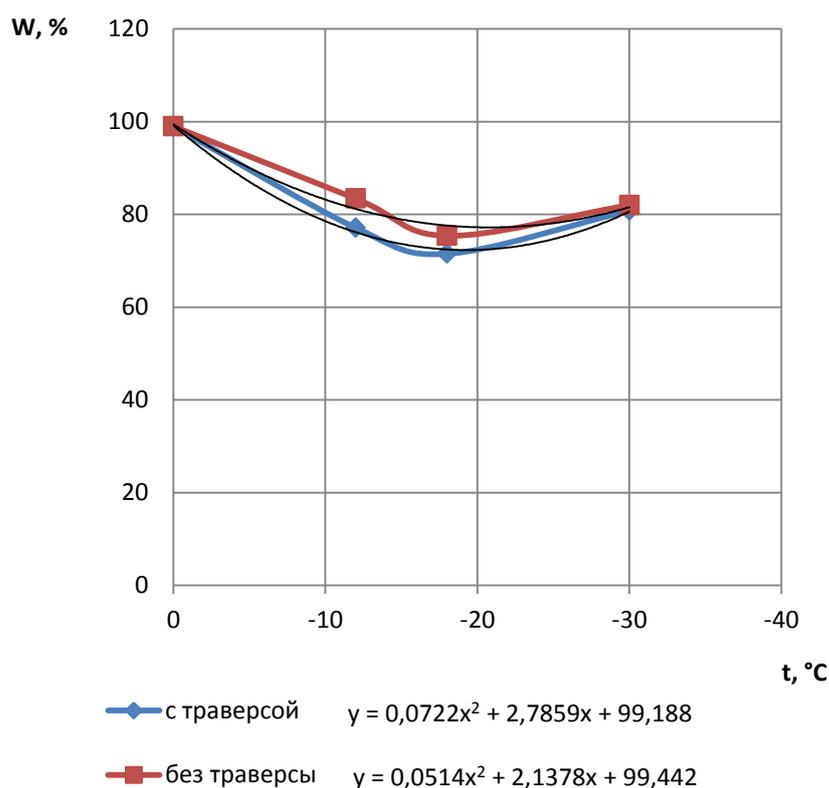


Рисунок 2.15 – Зависимость влажности осадка от температуры замораживания

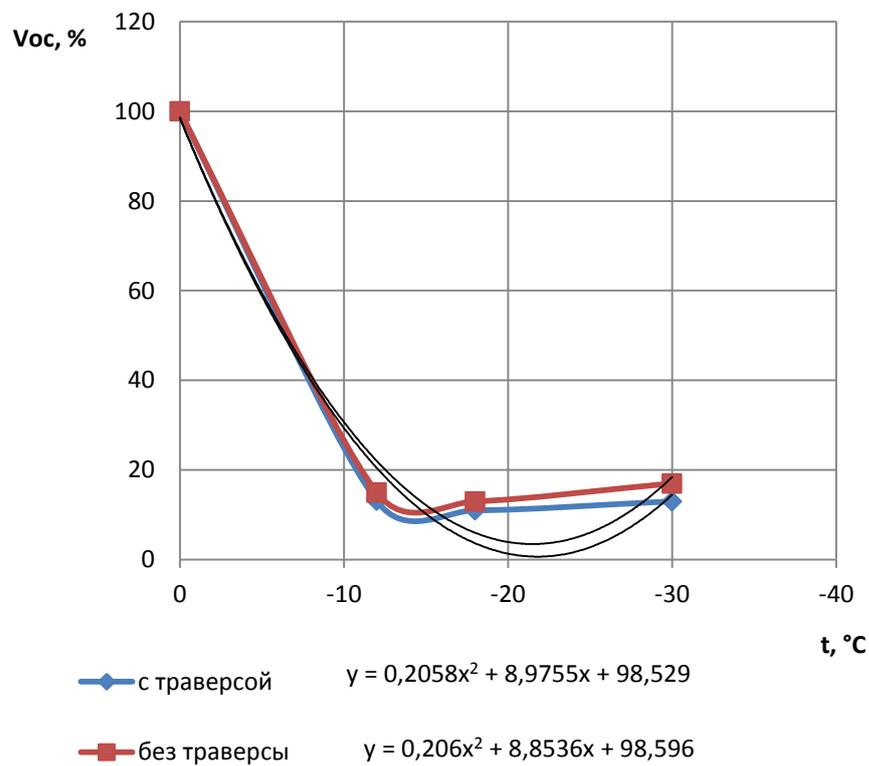


Рисунок 2.16 – Зависимость объёма осадка от температуры замораживания

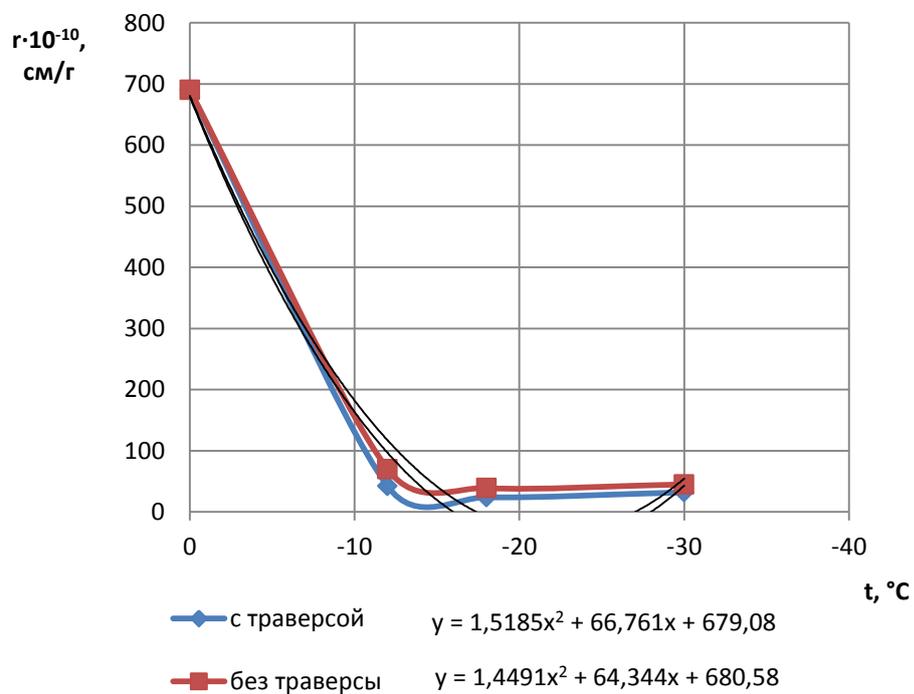


Рисунок 2.17 – Зависимость удельного сопротивления осадка от температуры замораживания

Как видно из полученных графических зависимостей, применение полой траверсы интенсифицирует процесс обезвоживания осадка.

### **3 Технологический расчёт сооружений по обработке осадков**

#### **3.1 Расчёт установки электрокоагуляционной обработки осадка с последующей утилизацией путём рециркуляции**

Маслосодержащий осадок забирается из шламонакопителя сифонным трубопроводом и подводится к всасывающему патрубку насоса, которым подается в резервуар-усреднитель, где усредняется по замасленности, удельному содержанию осадка в единице объема и по расходу. Осадок из резервуара-усреднителя подаётся в напорный электрокоагулятор, где происходит его насыщение коагулирующими ионами алюминия для увеличения его сорбционной способности.

Обработанный осадок поступает в контактную камеру для улучшения процесса хлопьеобразования. После прохождения контактной камеры осадок поступает в отстойник, откуда подается в резервуар для сбора осадка и далее в трубопровод перед поступлением маслоэмульсионных сточных вод на электрокоагуляционную обработку.

##### **3.1.1 Расчёт шламонакопителя**

После электрообработки маслоэмульсионных стоков осадок из отстойника подается в шламонакопитель, где он может находиться до 15 суток.

Отношение диаметра шламонакопителя к высоте конической части принимаем  $D/H=1,5$ .

Площадь поперечного сечения:

$$F = \beta \cdot Q_{\text{час}} \cdot n / 3,6 \cdot v_p \cdot N, \quad (3.1)$$

где  $\beta$  – коэффициент для учета объемного использования отстойника, для  $D/H=1,5$ ,  $\beta=1,5$ ;

$Q_{\text{час}}$  – часовой расход осадка, м<sup>3</sup>/ч;

$n$  – расчетное количество суток;

$v_p$  – расчетная скорость движения осадка,  $v_p=0,6$  мм/с;

$N$  – количество шламонакопителей.

$$F=1,5 \cdot 2,3 \cdot 15 / 3,6 \cdot 0,6 \cdot 1 = 24 \text{ м}^2.$$

Диаметр шламонакопителя:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 24}{3,14}} = 5,5 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Принимаем трубопровод для отвода осадка диаметром 200 мм.

При угле наклона стен к горизонтали  $50^\circ$  высота конической части шламонакопителя:

$$h_{\kappa} = D/2 \cdot \text{tg}(90-50) = 5,5/2 \cdot 0,84 = 3,3 \text{ м.}, \quad (3.3)$$

где  $D$  – диаметр шламонакопителя, м.

Объем уплотнённого осадка:

$$W_{\text{уп}} = Q_{\text{час}} \cdot 94/98 = 2,3 \cdot 94/98 = 2,2 \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – то же, что и формуле (3.1);

94 – влажность осадка после уплотнения;

98 – исходная влажность осадка.

### 3.1.2 Расчет усреднителя

Расход и концентрация нефтепродуктов в осадке производственных сточных вод колеблются в течение суток в широких пределах, поэтому для обеспечения нормальной работы установки необходимо усреднение осадка по замасленности, удельному содержанию осадка в единице объема и по расходу в регулирующих емкостях – усреднителях.

При расчетах усреднителя принимаем расчетный период усреднения 8 часов. Ориентировочный объем усреднителя в соответствии с принятым периодом усреднения составит:

$$V=Q_{\text{час}} \cdot T / \tau, \quad (3.5)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовой расход осадка, м<sup>3</sup>/ч;

$T$  – период усреднения,  $T=8$  ч;

$\tau$  – число часов работы усреднителя,  $\tau=8$  ч.

$$V=2,3 \cdot 8 / 8 = 2,3 \text{ м}^3.$$

Число камер усреднителя должно быть не менее двух.

Принимаем две камеры усреднителя объемом 1,5 м<sup>3</sup> каждая с высотой усреднителя  $H=0,5$  м.

Ширина коридора:

$$B=2 \cdot H=2 \cdot 0,5=1 \text{ м}. \quad (3.6)$$

Тогда длина усреднителя:

$$L=V/B \cdot H=1,5/1 \cdot 0,5=3 \text{ м}. \quad (3.7)$$

Усреднитель заглублен в землю и осадок поступает в него самотёком.

Перемешивание осадка производится подачей сжатого воздуха через перфорированные пластмассовые трубы – барбатеры с отверстиями диаметром 5 мм и шагом оси отверстий 30-60 мм.

Трубы укладываются по дну резервуара вдоль его стенок на подставках высотой 600 мм.

Диаметр барбатов принимается 75 мм.

Необходимое количество воздуха, подаваемое в усреднитель:

$$Q = n \cdot L \cdot q_{уд}, \quad (3.8)$$

где  $n$  – число барбатов в камере усреднителя,  $n=1$  шт;

$L$  – длина барбатера,  $L=3$  м;

$q_{уд}$  – удельная интенсивность аэрации,  $q_{уд}=5-12$  м<sup>3</sup>/ч на 1 м барбатера.

Принимаем  $q_{уд}=5$  м<sup>3</sup>/ч.

Тогда:

$$Q=1 \cdot 3 \cdot 5=15 \text{ м}^3/\text{ч}=0,25 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Для двух камер усреднителя расход воздуха составит 30 м<sup>3</sup>/ч.

### 3.1.3 Расчет напорного электрокоагулятора

После усреднителя осадок подается на обработку в электрокоагулятор с растворимыми алюминиевыми электродами. Электрокоагуляторы представляют собой напорные пластинчатые электролизеры вертикального типа.

Оптимальными параметрами процесса являются:

- доза алюминия  $D_{Al}=40$  мг/л;
- напряжение на электродах 12 В;

- оптимальная плотность тока  $i = 80 \text{ А/м}^2$ ;

- выход алюминия по току  $\eta = 90\%$ .

На основании этих данных рассчитываем производственную установку электрокоагулятора.

Часовой расход алюминия  $G_{Al}$ , который необходимо ввести в обрабатываемую воду:

$$G_{Al} = D_{Al} \cdot Q_{ч}, \quad (3.9)$$

где  $D_{Al}$  – доза алюминия,  $D_{Al} = 40 \text{ мг/л}$ ;

$Q_{ч}$  – часовой расход осадка,  $Q_{ч} = 2,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$$G_{Al} = 40 \cdot 2,3 = 92 \text{ г/ч}.$$

Сила тока  $I$ , обеспечивающая растворение алюминия:

$$I = G_{Al} \cdot 100 / k \cdot \eta, \quad (3.10)$$

где  $G_{Al}$  – часовой расход алюминия, г/ч;

$k$  – электрохимический эквивалент алюминия,  $k = 0,3356 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ ;

$\eta$  – выход алюминия по току, %.

$$I = 92 \cdot 100 / 0,3356 \cdot 90 = 305 \text{ А}.$$

Принимаем 5 выпрямителей по 71 А.

Рабочая поверхность анода  $S$  определяется, исходя из оптимальной плотности тока:

$$S = I / i = 305 / 80 = 3,8 \text{ м}^2. \quad (3.11)$$

Необходимая толщина анодов  $\delta$  определяется с учетом их износа на 80% и срока эксплуатации:

$$\delta = Q_{\text{сут}} \cdot D_{\text{Al}} \cdot n_{\text{сут}} / 0,4 \cdot \gamma \cdot S \cdot 10^6, \quad (3.12)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточный расход осадка, м<sup>3</sup>/сут;

$D_{\text{Al}}$  – то же, что и в формуле (3.9);

$n_{\text{сут}}$  – расчетная продолжительность работы одного пакета электродов, сут;

$\gamma$  – удельный вес анодного материала, т/м<sup>3</sup>;

$S$  – рабочая поверхность анода, м<sup>2</sup>.

$$\delta = 18,4 \cdot 40 \cdot 12 / 0,4 \cdot 2,69 \cdot 3,8 \cdot 10^6 = 0,002 \text{ м} = 2 \text{ мм.}$$

Толщину катода принимаем также 2 мм.

Размеры одной пластины электрода принимаются в соответствии с конструкцией электролизера:

$$f_{\text{эл}} = 0,42 \cdot 1,85 = 0,78 \text{ м}^2, \quad (3.13)$$

где 0,42 – ширина электрода, м;

1,85 – высота электрода, м.

Общее количество анодов:

$$n_a = S / f_{\text{эл}} = 3,8 / 0,78 = 5 \text{ шт.} \quad (3.14)$$

Общее количество электродов:

$$n = 2 \cdot n_a + 1 = 2 \cdot 5 + 1 = 11 \text{ шт.}, \quad (3.15)$$

где  $n_a$  – количество анодов.

В аппарате, в соответствии с конструкцией, общее количество электродов 17, из них 9 анодов и 8 катодов. Принимаем 2 аппарата.

Ширина электролизёра:

$$B=b+2\cdot a=0,42+2\cdot 0,01=0,44 \text{ м}, \quad (3.16)$$

где  $b$  – ширина электрода, м;

$a$  – расстояние от электродов до корпуса электролизера, м.

Длина электролизёра:

$$L=n'\cdot \delta+(n'-1)\cdot l+2\cdot a=17\cdot 0,002+(17-1)\cdot 0,015+2\cdot 0,01=0,3 \text{ м}, \quad (3.17)$$

где  $n'$  – количество электродов в аппарате, шт;

$\delta$  – толщина электрода, м;

$l$  – расстояние между электродами, м.

Высота электролизера:

$$H=h_{эл}+a_1+a_2=1,85+0,15+0,25=2,25 \text{ м}, \quad (3.18)$$

где  $h_{эл}$  – высота электрода, м;

$a_1$  – расстояние от электрода до дна, м;

$a_2$  – расстояние от электрода до поверхности воды, м.

Строительная высота стенок электролизера:

$$H_{cmp}=H+0,175=2,25+0,175=2,43 \text{ м}, \quad (3.19)$$

где  $H$  – высота электролизёра, м;

0,175 – расстояние от поверхности воды до верхней части электролизёра, м.

Объем осадка в электролизере равен разности между внутренним объемом электролизера  $W_{вн}$  и объемом электродов  $W_э$ :

$$W_{ос} = W_{вн} - W_э = (2,43 \cdot 0,3 \cdot 0,44) - (17 \cdot 0,42 \cdot 1,85 \cdot 0,002) = 0,29 \text{ м}^3. \quad (3.20)$$

Время пребывания осадка в аппарате:

$$\tau = W_{ос} / Q_{час} = 0,29 / 2,3 = 0,13 \text{ ч.}, \quad (3.21)$$

где  $W_{ос}$  – объем осадка в электролизёре,  $\text{м}^3$ ;

$Q_{час}$  – часовой расход осадка,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Скорость движения осадка в электролизере:

$$v = H / \tau = 2,25 / 0,13 = 17,3 \text{ м/ч.} \quad (3.22)$$

Потребляемая мощность:

$$E = I \cdot U = 305 \cdot 12 = 3660 \text{ Вт} = 3,7 \text{ кВт.} \quad (3.23)$$

где  $I$  – сила тока, обеспечивающая растворение алюминия, А;

$U$  – напряжение на электродах, В.

Удельный расход электроэнергии:

$$W = E / Q_{час} = 3,7 / 2,3 = 1,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3, \quad (3.24)$$

где  $E$  – потребляемая мощность, кВт.

Рассчитываем количество выделяющегося водорода на катодах для проектирования вентиляции:

$$W = \gamma \cdot c \cdot I \cdot (273 + T) / 273, \quad (3.25)$$

где  $\gamma$  – выход водорода по току (0,9-0,95);

$c$  – объемный электрохимический эквивалент водорода, равный 0,00042 м<sup>3</sup>/(А·ч);

$I$  – необходимая сила тока, пропускаемая через электролизер, А;

$T$  – температура осадка, °С.

$$W=0,9 \cdot 0,00042 \cdot 305 \cdot (273+14)/273=0,12 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В осадке растворяется водорода:

$$W_p=21,4 \cdot (273+T) \cdot Q/(273 \cdot 10^3), \quad (3.26)$$

где 21,4 – растворимость водорода в 1 м<sup>3</sup> осадка при  $T=0^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении, л;

$Q$  – расход осадка, м<sup>3</sup>/ч.

$$W_p=21,4 \cdot (273+14) \cdot 2,3/(273 \cdot 10^3)=0,052 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В производственном помещении выделяется водорода:

$$W_{\text{выд}}=W-W_p=0,12-0,052=0,068 \text{ м}^3, \quad (3.27)$$

где  $W$  – количество выделяющегося водорода на катодах, м<sup>3</sup>/ч;

$W_p$  – количество растворяющегося водорода в осадке, м<sup>3</sup>/ч.

В производственном помещении предусматривается общевытяжная вентиляция.

### 3.1.4 Расчёт контактной камеры

Контактная камера служит для улучшения процесса хлопьеобразования и рассчитывается на время пребывания в ней осадка 10 мин.

Объем камеры в соответствии со временем контакта:

$$V=(Q_{\text{сут}}/\tau)\cdot T, \quad (3.28)$$

где  $Q_{\text{сут}}$  – суточный расход осадка,  $\text{м}^3/\text{сут}$ ;

$\tau$  – число часов работы контактной камеры,  $\tau=8$  ч;

$T$  – период контакта,  $T=0,17$  ч.

$$V=(18,4/8)\cdot 0,17=0,4 \text{ м}^3.$$

Принимаем одну контактную камеру с размерами в плане  $1 \times 1 \times 1$  м.

Перемешивание осадка производится с помощью барботёра сжатым воздухом через перфорированные трубы  $d=75$  мм с отверстиями  $d=5$  мм, которые располагаются по его длине через  $30 \div 60$  мм.

Необходимое количество воздуха, подаваемого в контактную камеру:

$$Q_{\text{возд}}=n \cdot L \cdot q_{\text{уд}}, \quad (3.29)$$

где  $n$  – число барботёров в контактной камере,  $n=1$ ;

$L$  – длина барботёра,  $L=1$  м;

$q_{\text{уд}}$  – удельная интенсивность аэрации, принимаем  $3 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$ .

$$Q_{\text{возд}}=1 \cdot 1 \cdot 3=3 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Необходимое количество воздуха для подачи в резервуар усреднитель и контактную камеру:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{уср}} + Q_{\text{конт}} = 30 + 3 = 33 \text{ м}^3/\text{ч.}, \quad (3.30)$$

где  $Q_{\text{уср}}$  – количество воздуха, подаваемое в усреднитель,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$Q_{\text{конт}}$  – количество воздуха, подаваемое в контактную камеру,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Подбираем воздуходувку марки ВК-1,5, имеющую следующие характеристики:

Объём подаваемого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	90
Давление нагнетания, МПа	0,05-0,16
Частота вращения, об/мин	1500
Мощность электродвигателя, кВт	5,5
Длина, мм	1250
Ширина, мм	1320
Высота, мм	1020

### 3.1.5 Расчёт вертикального отстойника

В технологической схеме электрообработки осадка предусматривается вертикальный отстойник, т.к. установка имеет производительность  $18,4 \text{ м}^3/\text{сут.}$  и работа сооружений не круглосуточна.

Отношение диаметра вертикального отстойника к высоте зоны осаждения принимаем  $D/H=1,5$ .

Площадь поперечного сечения зоны осаждения отстойника:

$$F = \beta \cdot Q_{\text{час}} / 3,6 \cdot v_p \cdot N, \quad (3.31)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – часовой расход осадка,  $\text{м}^3/\text{час}$ ;

$v_p$  – расчетная скорость восходящего потока воды,  $v_p=0,6$  мм/с;

$N$  – расчетное количество отстойников;

$\beta$  – коэффициент для учета объемного использования отстойника при  $D/H=1,5$ ;  $\beta=1,5$

$$F=1,5 \cdot 2,3 / 3,6 \cdot 0,6 \cdot 1 = 1,6 \text{ м}^2.$$

Диаметр отстойника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,6}{3,14}} = 1,4 \text{ м.} \quad (3.32)$$

Принимаем диаметр отстойника 1,5 м.

Принимаем трубопровод для сбора осадка  $d=200$  мм. Тогда высота конической части (осадочной) отстойника при угле наклона стен к горизонтали  $50^\circ$  составит:

$$h_k = (D-d)/2 \cdot \operatorname{tg}(90-50) = (1,5-0,2)/2 \cdot 0,84 = 0,8 \text{ м.} \quad (3.33)$$

Объём конической осадочной части:

$$W_{oc} = \pi / 3 \cdot h_k [(D/2)^2 + (d/2)^2 + D/2 \cdot d/2], \quad (3.34)$$

где  $h_k$  – высота конической части отстойника, м;

$D$  – диаметр отстойника, м;

$d$  – диаметр трубопровода для сбора осадка, м.

$$W_{oc} = 3,14 / 3 \cdot 0,8 [(1,5/2)^2 + (0,2/2)^2 + 1,5/2 \cdot 0,2/2] = 0,54 \text{ м}^3.$$

Период действия между сбросами осадка:

$$T = W_{oc} \cdot N \cdot \delta / Q_{час} \cdot (C_{cp} - m), \quad (3.35)$$

где  $W_{oc}$  – объем конической осадочной части, м<sup>3</sup>;

$N$  – количество отстойников;

$\delta$  – концентрация уплотненного осадка, г/м<sup>2</sup>, при концентрации взвешенных веществ  $C_{cp}=400-1000$  мг/л  $\delta=50000$ ;

$C_{cp}$  – концентрация взвешенных веществ,  $C_{cp}=590$  мг/л;

$m$  – содержание загрязнений на выходе из отстойника,  $m=40$  мг/л.

$$T = 0,54 \cdot 1 \cdot 50000 / 2,3 \cdot (590 - 40) = 21,3 \text{ ч} \approx 1 \text{ сут.}$$

Для сбора воды устраивается периферийный желоб. Расчетная скорость движения воды в желобе  $v_0 = 0,6$  м/с.

Площадь кольцевого желоба:

$$f_{кж} = q_{сек} / v_0 = 0,0006 / 0,6 = 0,001 \text{ м}^2, \quad (3.36)$$

где  $q_{сек}$  – секундный расход осадка, м<sup>3</sup>/сек.

Принимаем желоб с поперечным сечением 0,03х0,03.

При диаметре отверстия  $d_0=20$  мм его площадь составляет  $f_0=0,000314$  м<sup>2</sup>  
количество отверстий:

$$n_0 = f_{кж} / f_0 = 0,001 / 0,000314 = 4 \text{ шт.}, \quad (3.37)$$

где  $f_{кж}$  – площадь кольцевого желоба, м<sup>2</sup>.

### 3.1.6 Расчёт резервуара для сбора осадка

Из отстойника осадок подается на хранение в специальную ёмкость, откуда часть его поступает на рециркуляцию для очистки маслоэмульсионных сточных вод, а часть – на механическое обезвоживание.

Объем резервуара определяется исходя из времени хранения осадка, его расхода и необходимой дозы для рециркуляции при очистке МЭС.

Объем резервуара:

$$V=q_{\text{час}} \cdot T/8, \quad (3.38)$$

где  $q_{\text{час}}$  – часовой расход осадка, м<sup>3</sup>/час;

$T$  – время хранения осадка в резервуаре, ч.

$$V=2,3 \cdot 8/8=2,3 \text{ м}^3.$$

Принимаем высоту резервуара для сбора осадка 1 м, тогда его длина  $L=2$  м, а ширина  $B=1,5$  м.

40% объема осадка направляется на обработку на вакуум-фильтр, а 60% на рециркуляцию в электролизер для очистки МЭС стоков.

### 3.1.7 Расчет резервуара для сбора надиловой воды

Количество воды после обезвоживания:

$$Q = 0,4 \cdot Q_{oc} = 0,4 \cdot 18,4 = 7,36 \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (3.39)$$

где  $Q_{oc}$  – суточный объём всего осадка, м<sup>3</sup>/сут.

Объём резервуара для надиловой воды:

$$W = \frac{q_{\text{ч}} \cdot T}{8} = \frac{0,92 \cdot 8}{8} = 0,92 \text{ м}^3, \quad (3.40)$$

где  $q_{\text{ч}}$  – часовой расход воды после обезвоживания,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$T$  – время хранения надиловой воды, ч.

Принимаем высоту резервуара 1,0 м, размеры в плане 1,1x1,0 м.

### 3.1.8. Расчет вакуум-фильтра

Осадки производственных сточных вод в данном случае не требуют предварительной обработки их перед механическим обезвоживанием, т.к. состоят в основном из скоагулированных гидроокисей металла (Al).

Расчет вакуум-фильтра производится по сухому веществу:

$$M_{\text{сух}} = W_{\text{упл}} \cdot (100 - B_{\text{л}}) \cdot \gamma_{\text{ос}} / 100, \quad (3.41)$$

где  $W_{\text{упл}}$  – 40% от общего объема осадка (не подаваемого на рециркуляцию);

$B_{\text{л}} = 94\%$  – влажность уплотненного осадка;

$\gamma_{\text{ос}} = 1,1 \text{ т}/\text{м}^3$  – объемный вес осадка.

$$M_{\text{сух}} = 7,36 \cdot (100 - 94) \cdot 1,1 / 100 = 0,5 \text{ т/сут.}$$

Требуемая площадь вакуум-фильтра:

$$F = M_{\text{сух}} \cdot 1000 / T \cdot \kappa, \quad (3.42)$$

где  $T$  – число часов работы в сутки;

$\kappa = 20 \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$  – нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  поверхности вакуум-фильтра.

$$F=0,5 \cdot 1000 / 8 \cdot 20 = 3,1 \text{ м}^2.$$

Принимаем 1 вакуум-фильтр марки БОУ-5-1,75. Его технические характеристики:

Площадь поверхности фильтрования, м <sup>2</sup>	5
Диаметр барабана, мм	1762
Длина барабана, мм	960
Число оборотов, об/мин	0,13-2
Объем жидкости в корыте, л	1300
Мощность электродвигателя привода барабана, кВт	1,1
Габаритные размеры, мм	2680x2410x2650
Масса: фильтра с приводами, кг	4990
Наиболее тяжелого монтируемого узла (барабана), кг	2645

Производительность вакуум-фильтров:

$$W_{в.н.} = N \cdot n \cdot 0,5 = 1,1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,55 \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (3.43)$$

где  $N$  – мощность вакуум-фильтра, кВт;

$n$  – количество фильтров.

Расход сжатого воздуха:

$$W_{сж.в.} = N \cdot 0,1 \cdot n = 1,1 \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,11 \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (3.44)$$

Количество осадка (кека) после вакуум-фильтрации, м<sup>3</sup>/мин:

$$V_{кека} = V_{ун} \cdot (100 - W_{ун}) / (100 - W_{кека}), \quad (3.45)$$

где  $W_{ун}$  – влажность уплотненного осадка, 94%;

$W_{кека}$  – влажность кека.

$$V_{\text{кека}} = 7,36 \cdot (100 - 94) / (100 - 70) = 1,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

### 3.2 Расчет технологической схемы криогенной обработки осадка

Технологическая схема состоит из усреднителя, разработанной на кафедре Инженерные системы зданий и сооружений ИСИ СФУ установки, предназначенной для обработки осадков сточных вод путем замораживания в естественных условиях, вертикального отстойника, резервуара для сбора осадка и надиловой воды, вакуум-фильтра.

#### 3.2.1 Расчет установки для замораживания

Установка состоит из передвижного резервуара, внутри которого размещена рабочая камера полуцилиндрической формы, в торцевых стенках расположены патрубки для подачи и отвода горячей воды, также имеется траверса с монтажной петлей для выгрузки замороженного осадка.

$$S = \frac{\pi \cdot r}{2} = \frac{3,14 \cdot 1}{2} = 1,57 \text{ м}^2, \quad (3.46)$$

где  $r=1$  м – радиус окружности полуцилиндрического резервуара.

Длина установки определяется по формуле

$$L = \frac{W}{S} = \frac{6}{1,57} = 3,8 \text{ м}, \quad (3.47)$$

где  $W=6$  м<sup>3</sup> – объем установки.

Принимаем 1 установку для замораживания осадка.

### 3.2.2 Расчет вертикального отстойника

Диаметр отстойника:

$$D = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}}, \quad (3.48)$$

где  $F$  – площадь зоны отстаивания,  $\text{м}^2$ .

Площадь зоны отстаивания определяется по формуле

$$F = \beta \cdot \frac{Q}{3,6 \cdot V_p \cdot N} = 1,5 \cdot \frac{2,3}{3,6 \cdot 0,6 \cdot 1} = 1,6 \cdot \text{м}^2, \quad (3.49)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного использования, 1,5;

$Q$  – расход осадка,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V_p = 0,6$  м/с – расчетная скорость восходящего потока воды;

$N$  – количество отстойников, шт.

$$D = \sqrt{\frac{1,6 \cdot 4}{3,14}} = 1,4 \text{ м.}$$

Период работы между сбросами осадка:

$$T = \frac{W_{oc} \cdot N \cdot \delta}{Q \cdot (C - m)}, \quad (3.50)$$

где  $W_{oc}$  – объём конической части,  $\text{м}^3$ ;

$\delta$  – концентрация уплотненного осадка,  $30000 \text{ г}/\text{м}^2$ ;

$C$  – максимальная концентрация взвешенных веществ,  $\text{мг}/\text{л}$ ;

$m$  – допустимая концентрация взвешенных веществ,  $12 \text{ мг}/\text{л}$ ;

Объем конической части находим по формуле

$$W_{oc} = \frac{\pi}{3 \cdot h_K \cdot \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^2 + \left( \frac{d}{2} \right)^2 + \frac{D}{2} \cdot \frac{d}{2} \right]}, \quad (3.51)$$

где  $d=200$  мм – диаметр трубопровода для сбора осадка;

$h_K$  – высота конической части отстойника, м.

$$h_K = \frac{(D-d)}{2 \cdot \operatorname{tg} \cdot (90-50)} = \frac{(1,4-0,2)}{2 \cdot 0,84} = 0,71 \text{ м}. \quad (3.52)$$

Тогда объём конической части:

$$W_{oc} = \frac{3,14}{3 \cdot 1 \cdot \left[ \left( \frac{1,4}{2} \right)^2 + \left( \frac{0,2}{2} \right)^2 + \frac{1,4}{2} \cdot \frac{0,2}{2} \right]} = 1,8 \text{ м}^3.$$

Период работы между сбросами осадка:

$$T = \frac{1,8 \cdot 1 \cdot 30000}{2,3 \cdot (800-12)} = 29,8 \text{ ч}.$$

Площадь кольцевого желоба для сбора осветленной воды:

$$f_{к.ж.} = \frac{q_c}{V} = \frac{0,0006}{0,6} = 0,001 \text{ м}^2, \quad (3.53)$$

где  $q_c$  – секундный расход осадка, м<sup>3</sup>/сек;

$V=0,6 - 0,7$  м/с – скорость течения в желобе.

Площадь радиального желоба:

$$f_{p.ж.} = \frac{q_c}{4 \cdot V} = \frac{0,0006}{4 \cdot 0,6} = 0,00025 \text{ м}^2. \quad (3.54)$$

### 3.2.3 Расчет резервуара для сбора обезвоженного осадка

Из отстойника осадок подается в специальную емкость. После замораживания объем осадка составляет 13% от общего объема. 87% отделившейся воды направляем на доочистку, затем ее можно использовать в оборотной системе предприятия.

Объем резервуара определяется исходя из времени хранения осадка, его расхода.

Объем резервуара:

$$W = \frac{q_c \cdot T}{8} = \frac{0,3 \cdot 8}{8} = 0,3 \text{ м}^3, \quad (3.55)$$

где  $q_c$  – часовой расход осадка, составляющий 13% от общего объема,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$T=8$  ч – время хранения осадка в резервуаре.

Принимаем высоту резервуара 0,25 м, размеры в плане 1,0x1,0 м.

### 3.2.4 Расчет резервуара для сбора надиловой воды

После обезвоживания содержание воды составляет 87% от всего объема осадка:

$$Q = 0,87 \cdot Q_{oc} = 0,87 \cdot 18,4 = 16 \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3.56)$$

где  $Q_{oc}$  – суточный объем всего осадка.

Объём резервуара для надиловой воды:

$$W = \frac{q_u \cdot T}{8} = \frac{2 \cdot 8}{8} = 2 \text{ м}^3 \quad (3.57)$$

Принимаем высоту резервуара 1,0 м, размеры в плане 1,5x1,5 м.

### 3.2.5 Расчёт вакуум-фильтра

Расчёт вакуум-фильтра производится по сухому веществу:

$$M_{\text{сх}} = \frac{W_{\text{упл}} \cdot (100 - B_{\text{л}}) \cdot \gamma_{\text{ос}}}{100}, \quad (3.58)$$

где  $W_{\text{упл}}$  – 40% от общего объёма осадка;

$B_{\text{л}}$  – влажность уплотненного осадка, 94%;

$\gamma_{\text{ос}}$  – объёмный вес осадка.

$$M_{\text{сх}} = \frac{7,36 \cdot (100 - 94) \cdot 1,1}{100} = 0,49 \text{ т/сут.}$$

Требуемая площадь вакуум-фильтра:

$$F = \frac{M_{\text{сх}} \cdot 1000}{T \cdot \kappa}, \quad (3.59)$$

где  $T$  – число часов работы в сутки;

$\kappa = 20 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$  – нагрузка на 1 м<sup>2</sup> поверхности вакуум-фильтра.

$$F = \frac{0,49 \cdot 1000}{8 \cdot 20} = 3 \text{ м}^2.$$

Принимаем 1 вакуум-фильтр марки БОУ-5-1,75. Его технические характеристики:

Площадь поверхности фильтрования, м <sup>2</sup>	5
Диаметр барабана, мм	1762
Длина барабана, мм	960
Число оборотов, об/мин	0,13-2
Объем жидкости в корыте, л	1300
Мощность электродвигателя привода, кВт, барабана	1,1
Габаритные размеры, мм	2680x2410x2650
Масса: фильтра с приводами, кг	4990
Наиболее тяжелого монтируемого узла (барабана), кг	2645

Количество осадка (кека) после вакуум-фильтрации, м<sup>3</sup>/мин:

$$W_{\text{кека}} = V_{\text{уп}} \cdot (100 - W_{\text{уп}}) / (100 - W_{\text{кека}}), \quad (3.60)$$

где  $W_{\text{уп}}$  – влажность уплотненного осадка, 94%;

$W_{\text{кека}}$  – влажность кека.

$$W_{\text{кека}} = 7,36 \cdot (100 - 94) / (100 - 70) = 1,5 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

### 3.2.6 Аварийные иловые площадки

Требуемая площадь:

$$F_{\text{ил.пл.}} = \frac{V_{\text{кека}} \cdot 365}{q_{\text{уд}} \cdot K_1} \cdot 0,2, \quad (3.61)$$

где  $q_{\text{уд}}$  – удельная нагрузка, 1,2 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год;

$K_1$  – климатический коэффициент, 0,9.

$$F_{\text{пл.пл.}} = \frac{1,5 \cdot 365}{1,2 \cdot 0,9} \cdot 0,2 = 506,9 \text{ м}^2 = 0,05 \text{ га.}$$

## **4 Технико-экономическое обоснование выбора рациональной схемы обезвоживания маслосодержащего осадка**

### **4.1 Расчёт капитальных вложений**

Для выбора рационального метода обработки маслосодержащего осадка  $Q=2,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ . определяли основные параметры инвестиционной деятельности – объём инвестиций в основной капитал, продолжительность и интенсивность их осуществления по периодам строительства проектируемого объекта. При определении капитальных вложений (единовременных затрат) на осуществление инвестиционного проекта учитываем лишь прямые затраты в виде сметной стоимости строительства системы обработки маслосодержащего осадка, состоящих из затрат:

- на проведение строительных работ;
- на приобретение оборудования;
- на осуществление работ по монтажу оборудования и систем.

Выбор более экономичного варианта производился на основе сравнения суммарных денежных потоков от инвестиционной и операционной деятельности нескольких вариантов.

Вариант 1 – Технологическая схема кондиционирования осадка при электрокоагуляционной обработке осадка.

Вариант 2 – Технологическая схема кондиционирования осадка при криогенной обработке осадка.

В таблицах 4.1, 4.2 приведены капитальные вложения на сооружения и оборудование, необходимые для кондиционирования осадка.

Таблица 4.1 – Капитальные вложения на сооружения и оборудование при электрокоагуляционной обработке осадка

№	Наименование	Ед. изм.	Количество, шт масса, т	Стоимость, тыс.руб.
1	Шламонакопитель, D=4,5м	шт	1/0,9	64,52
2	Резервуар-усреднитель Н=0,5м, В=2м, L=3м	шт	1/1,1	90,62
3	Электрокоагулятор с алюминиевыми пластинами	шт	2/0,2	40,00
4	Контактная камера Н=1м, В=1м, L=1м	шт	1/0,4	29,39
5	Вертикальный отстойник, D=1,5м	шт	1/0,5	25,34
6	Резервуар для сбора осадка Н=1м, В=1,5м, L=2м	шт	1/0,8	63,80
7	Резервуар для сбора воды Н=1м, В=1м, L=1м	шт	1/0,4	29,39
8	Воздуходувка ВК-1,5	шт	2	106,00
9	Насос К-50-32-125	шт	2	10,44
10	Вакуум-фильтр БОУ-5-1,75	шт	2	194,42

Капитальные вложения при электрокоагуляционной обработке осадка составляют 653,92 тыс.руб.

Таблица 4.2 – Капитальные вложения на сооружения и оборудование при криогенной обработке осадка

№	Наименование	Ед. изм.	Количество, шт масса, т	Стоимость, тыс.руб.
1	Шламонакопитель, D=4,5м	шт	1/0,9	64,52
2	Резервуар-усреднитель Н=0,5м, В=2м, L=3м	шт	1/1,1	90,62
3	Камера замораживания Н=1,5м, В=2м, L=4м	шт	1/1,6	113,86
4	Вертикальный отстойник, D=1,5м	шт	1/0,5	25,34
5	Резервуар для сбора осадка Н=0,25м, В=1м, L=1м	шт	1/0,25	19,59

Окончание таблицы 4.2.

№	Наименование	Ед. изм.	Количество, шт масса, т	Стоимость, тыс.руб.
6	Резервуар для сбора воды Н=1м, В=1,5м, L=1,5м	шт	1/0,65	51,43
7	Воздуходувка ВК-1,5	шт	2	106,00
8	Насос К-50-32-125	шт	2	10,44
9	Вакуум-фильтр БОУ-5-1,75	шт	2	194,42

Капитальные вложения при криогенной обработке составляют 676,22 тыс.руб.

#### 4.2 Расчет годовых эксплуатационных затрат

Годовые эксплуатационные расходы слагаются по отдельным элементам годовых затрат и определяются по формуле:

$$C_{\text{э}} = C_p + C_{\text{з/пл}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{пр}}, \quad (4.1)$$

где  $C_p$  – стоимость реагентов и других основных материалов, тыс.руб;

$C_{\text{з/пл}}$  – заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование, тыс.руб;

$C_{\text{эл}}$  – стоимость электроэнергии, тыс.руб;

$C_{\text{тр}}$  – затраты на текущий ремонт основных фондов, тыс.руб;

$C_{\text{ам}}$  – амортизационные отчисления, тыс.руб;

$C_{\text{пр}}$  – прочие расходы, тыс.руб;

Определение годовых расходов и затрат на материалы осуществляется отдельно для каждого вида материала.

Годовая потребность в реагентах определяется по формуле:

$$Z = \frac{Q \cdot D_p \cdot T}{10^6}, \quad (4.2)$$

где  $D_p$  – расчетная доза реагента, г/м<sup>3</sup>.

$$Z_1 = \frac{18,4 \cdot 40 \cdot 260}{10^6} = 0,2 \text{ т/год.}$$

Затраты на материалы определяются по формуле

$$C = Z \cdot C_p, \quad (4.3)$$

где  $C_p$  – стоимость 1 тонны реагента, тыс.руб/т.

$$C_{p1} = 0,2 \cdot 72 = 14,4 \text{ тыс.руб/год,}$$

$$C_{p2} = 0 \text{ тыс.руб/год.}$$

Расходы на выплату заработной платы обслуживающему персоналу определяются по формуле

$$C_{з/пл} = 12 \cdot Ч \cdot (Z_{мес}^{cp} + K_c), \quad (4.3)$$

где 12 – количество месяцев в году;

$Ч$  – численность обслуживающего персонала;

$Z_{мес}^{cp}$  – среднемесячный размер заработной платы обслуживающего персонала, 12,00 тыс.руб/мес;

$K_c$  – отчисления от суммы заработной платы в государственные внебюджетные фонды социального характера, принимается в размере 30,2% от среднемесячной заработной платы, тыс.руб/мес.

Во всех вариантах работает по 1 человеку.

$$C_{з/ли} = 12 \cdot 1 \cdot (12,00 + 3,624) = 187,488 \text{ тыс.руб/год.}$$

Потребляемая мощность электродвигателей оборудования, кВт, берётся из паспортных данных. Установленная мощность определяется по формуле

$$N = \frac{P \cdot K_0 \cdot \sum N_i}{\cos \varphi}, \quad (4.4)$$

где  $P=1,5$  – коэффициент, учитывающий транспортный резерв;

$K_0=1,05$  – коэффициент, учитывающий электроосветительную нагрузку;

$\sum N_i$  – мощность всех работающих электроприёмников в варианте, кВт;

$\cos \varphi=0,9$  – коэффициент мощностей электродвигателей.

Таблица 4.3 – Общая потребляемая мощность оборудования

№	Наименование электроприёмника	Потребляемая мощность, кВт	Вариант 1		Вариант 2	
			Кол-во	Мощ-ть, кВт	Кол-во	Мощ-ть, кВт
1	Воздуходувка ВК-1,5	5,5	1	5,5	1	5,5
2	Вакуум-фильтр БОУ-5-1,75	1,1	1	1,1	1	1,1
3	Насосы К-50-32-125	1,24	1	1,24	1	1,24
4	Электрокоагулятор	4,83	1	4,83	-	-
				$\Sigma 12,67$		$\Sigma 7,84$

Установленная мощность:

$$N_1 = \frac{1,5 \cdot 1,05 \cdot 12,67}{0,9} = 22,17 \text{ кВт},$$

$$N_2 = \frac{1,5 \cdot 1,05 \cdot 7,84}{0,9} = 13,72 \text{ кВт}.$$

Так как полученные значения меньше 750 кВт, то расчет ведется по одноставочному тарифу.

Стоимость годового расхода потребляемой электроэнергии по одноставочному тарифу определяется по формуле

$$C_{эл} = T \cdot W_i, \quad (4.5)$$

где  $T$  – ставка за электроэнергию для потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВт, 4,6 руб/кВт·ч;

$W_i$  – годовой расход потребляемой электроэнергии, кВт·год.

$$W_i = 260 \cdot 8 \cdot N_i, \quad (4.6)$$

где 260 – число рабочих дней;

8 – продолжительность работы смены, ч.,

$N_i$  – установленная мощность, кВт.

$$W_1 = 260 \cdot 8 \cdot 22,17 = 46,1 \text{ тыс.кВт·год},$$

$$W_2 = 260 \cdot 8 \cdot 13,72 = 28,5 \text{ тыс.кВт·год}.$$

Стоимость годового расхода электроэнергии:

$$C_{э.1} = 4,6 \cdot 46,1 = 212,06 \text{ тыс.руб/год,}$$

$$C_{э.2} = 4,6 \cdot 28,5 = 131,1 \text{ тыс.руб/год.}$$

Затраты на текущий ремонт принимаются в размере 1% от сметной стоимости строительства объекта и определяются по формуле

$$C_{тр} = 0,01 \cdot KB, \tag{4.7}$$

где  $KB$  – капитальные вложения, тыс.руб.

$$C_{тр1} = 0,01 \cdot 653,92 = 6,53 \text{ тыс.руб/год,}$$

$$C_{тр2} = 0,01 \cdot 676,22 = 6,76 \text{ тыс.руб/год.}$$

Амортизационные отчисления на полное восстановление основных фондов очистных сооружений принимаются в размере 10% от сметной стоимости строительства объекта и определяются по формуле

$$C_{ам} = 0,1 \cdot KB, \tag{4.8}$$

$$C_{ам1} = 0,1 \cdot 653,92 = 65,39 \text{ тыс.руб/год,}$$

$$C_{ам2} = 0,1 \cdot 676,22 = 67,62 \text{ тыс.руб/год.}$$

Прочие расходы принимаются в размере 20% от суммы амортизационных отчислений и заработной платы обслуживающего персонала:

$$C_{np} = 0,2 \cdot (C_{ам} + C_{з/пл}), \quad (4.9)$$

$$C_{np1} = 0,2 \cdot (65,39 + 187,488) = 50,57 \text{ тыс.руб/год},$$

$$C_{np2} = 0,2 \cdot (67,62 + 187,488) = 51,02 \text{ тыс.руб/год}.$$

Эксплуатационные затраты по каждому из вариантов:

$$C_{э1} = 14,4 + 187,488 + 212,06 + 6,53 + 65,39 + 50,57 = 536,44 \text{ тыс.руб/год},$$

$$C_{э2} = 0 + 187,488 + 131,1 + 6,76 + 67,62 + 51,02 = 443,99 \text{ тыс.руб/год}.$$

### 4.3 Расчёт приведённых затрат

Приведенные затраты определяются по формуле

$$П = E \cdot KB + C_э, \quad (4.10)$$

где  $E$  – абсолютный показатель экономической эффективности капитальных вложений, 0,16;

$KB$  – то же, что и в формуле (4.7).

$C_э$  – эксплуатационные затраты, тыс.руб.

$$П_1 = 0,16 \cdot 653,92 + 536,44 = 641,07 \text{ тыс.руб/год},$$

$$П_2 = 0,16 \cdot 676,22 + 443,99 = 552,19 \text{ тыс.руб/год}.$$

#### 4.4 Определение себестоимости обработки осадка

Себестоимость 1 м<sup>3</sup> осадка, прошедшего обработку определяется по формуле

$$C_c = \frac{C_3}{Q_{год}}, \quad (4.11)$$

где  $C_3$  – то же, что и в формуле (4.10);

$Q_{год}$  – годовой расход осадка, м<sup>3</sup>/год.

$$C_{c1} = \frac{536,44}{4784} = 0,112 \text{ тыс.руб/м}^3 = 112 \text{ руб/м}^3,$$

$$C_{c2} = \frac{443,99}{4784} = 0,092 \text{ тыс.руб/м}^3 = 92 \text{ руб/м}^3.$$

#### 4.5 Расчет показателей экономической эффективности

Сравнение вариантов технических решений, отличающихся друг от друга размером инвестиционных вложений и эксплуатационными расходами, производят при расчете модифицированной суммы приведенных строительно-эксплуатационных затрат по формуле

$$Z_n = \sum_{i=0}^T \frac{K_i + C_i}{(1 + E)^i}, \quad (4.12)$$

где  $K_i$  – капитальные вложения, тыс.руб;

$C_i$  – сумма текущих затрат, тыс.руб/год;

$E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ( $E=0,16$  – норма дисконта, заемный капитал);

T – период расчёта, 6 лет.

$$\begin{aligned}
 Z_n^1 = & \frac{109 + 0,16 \cdot 653,92}{1 + 0,16} + \frac{109 + 0,16(653,92 - 109) + 536,44}{(1 + 0,16)^2} + \\
 & + \frac{109 + 0,16(653,92 - 2 \cdot 109) + 536,44}{(1 + 0,16)^3} + \frac{109 + 0,16(653,92 - 3 \cdot 109) + 536,44}{(1 + 0,16)^4} + \\
 & + \frac{109 + 0,16(653,92 - 4 \cdot 109) + 536,44}{(1 + 0,16)^5} + \frac{109 + 0,16(653,92 - 5 \cdot 109) + 536,44}{(1 + 0,16)^6} = 2182,36
 \end{aligned}$$

тыс.руб.,

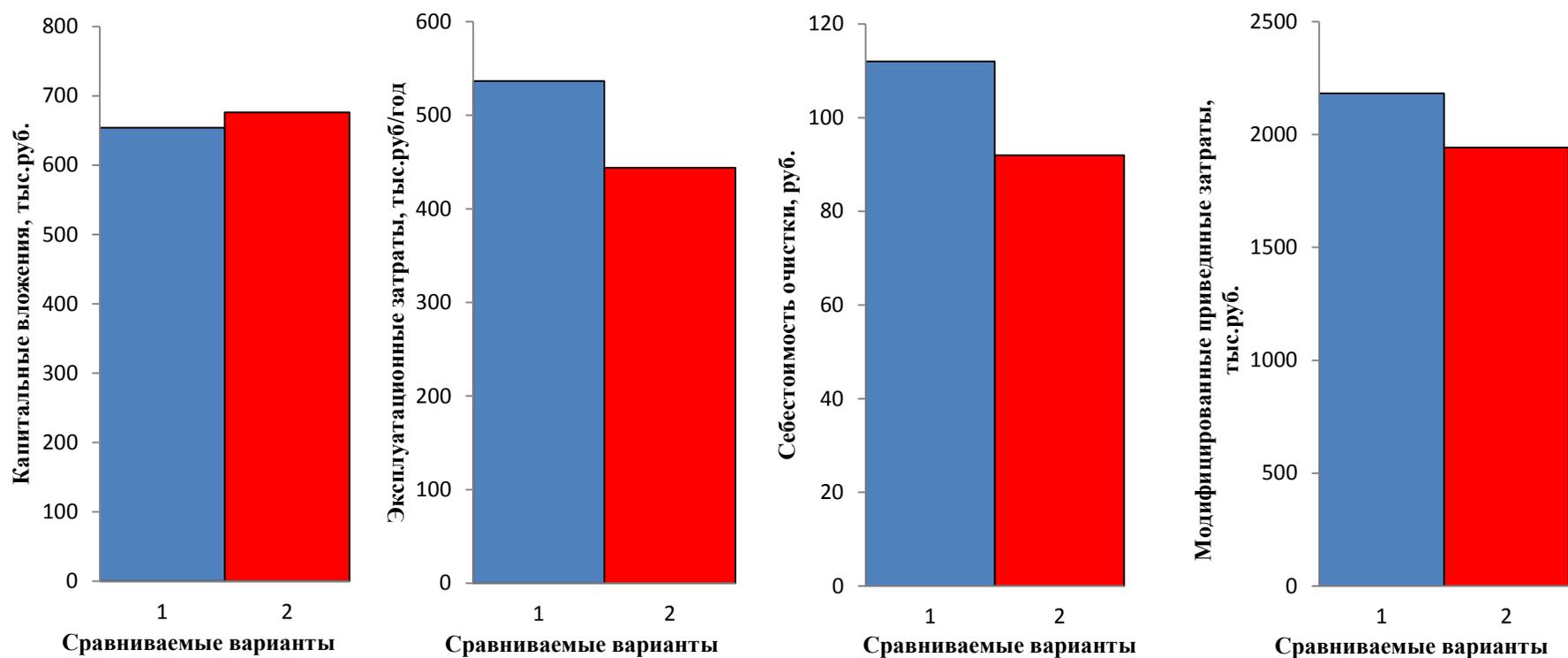
$$\begin{aligned}
 Z_n^2 = & \frac{113 + 0,16 \cdot 676,22}{1 + 0,16} + \frac{113 + 0,16(676,22 - 113) + 443,99}{(1 + 0,16)^2} + \\
 & + \frac{113 + 0,16(676,22 - 2 \cdot 113) + 443,99}{(1 + 0,16)^3} + \frac{113 + 0,16(676,22 - 3 \cdot 113) + 443,99}{(1 + 0,16)^4} + \\
 & + \frac{113 + 0,16(676,22 - 4 \cdot 113) + 443,99}{(1 + 0,16)^5} + \frac{113 + 0,16(676,22 - 5 \cdot 113) + 443,99}{(1 + 0,16)^6} = 1942,6
 \end{aligned}$$

тыс.руб.

Таблица 4.4 – Технико-экономическое сравнение вариантов по выбору метода обработки осадка

Наименование	Ед. изм.	Варианты	
		1	2
Капитальные вложения	тыс. руб	653,92	676,22
Амортизационные отчисления	тыс. руб/год	65,39	67,62
Эксплуатационные затраты	тыс. руб/год	536,44	443,99
Приведённые затраты	тыс. руб	641,07	552,19
Себестоимость обработки осадка	руб/м <sup>3</sup>	112,00	92,00
Модифицированные приведенные затраты	тыс. руб	2182,36	1942,6

Сравнение вариантов (таблица 4.4) показало, что процесс кондиционирования осадка методом криогенеза экономически выгоднее электрокоагуляционной обработки. Экономический эффект составляет 239,76 тыс.руб. Были построены гистограммы изменения экономических показателей для сравниваемых вариантов обработки осадка (рисунок 4.1).



1 – Технологическая схема кондиционирования осадка при электрокоагуляционной обработке осадка

2 – Технологическая схема кондиционирования осадка при криогенной обработке осадка

Рисунок 4.1 – Гистограммы изменения экономических показателей сравниваемых вариантов обработки осадка

## **5 Основы автоматизации и управления технологическими процессами**

На современном этапе развития техники невозможно представить управление системами водоснабжения и водоотведения (СВВ) без автоматизации. С каждым годом расширяется объем работ по автоматизации водопроводных и водоотводящих систем и сооружений. В каждом проекте водоснабжения или водоотведения городов и промышленных предприятий наряду с аппаратурно-технологическими решениями разрабатываются системы автоматизации сооружений.

К настоящему времени созданы системы автоматизации водоприемников, работы водопроводных сетей, процессов коагуляции, фторирования и обесфторивания воды, реагентного умягчения, обессоливания, отстаивания, а также обеззараживания. С помощью таких систем непрерывно анализируются режимы работы сетей и сооружений, вырабатываются необходимые команды управления для поддержания экономически наиболее выгодных технологических режимов. Успешно выполняются работы по автоматизации оборотных систем технического водоснабжения, использующие разработки лаборатории автоматики НИИ ВОДГЕО, а также зарубежных фирм «Betz Entec Inc» (США) и «Organo» (Япония).

Важнейшей задачей повышения эффективности автоматизации систем водоснабжения и водоотведения была и остается задача разработки простых, надежных и высокоточных средств автоматического контроля состава природных и сточных вод, а также качества их обработки. Много интересных решений с использованием новейших средств измерения технологических параметров обработки воды создано в Гипрокоммунводоканале, МосводоканалНИИпроекте, Союзводоканалпроекте. В нашей стране достигнуты огромные успехи в теории автоматического управления и общей теории систем. На базе этих достижений активно ведется разработка

автоматизированных систем управления (АСУ) очистных сооружений и цехов [49].

## **5.1 Основные понятия управления**

В общем случае под автоматизацией понимают применение технических средств и систем управления, частично или полностью освобождающих человека от непосредственного участия в процессах получения, преобразования, передачи или использования энергии, материалов или информации. Главная задача автоматизации – повышение производительности и эффективности труда, улучшение качества продукции путём замены человека аппаратными средствами, устройствами автоматического управления [50].

Управление в технических системах – это совокупность действий (работа, исполнение командных сигналов), выбранных на основе определенной информации и направленных на поддержание заданных параметров производственного процесса и заданных режимов эксплуатации технологического оборудования или направленных на улучшение функционирования технологического объекта в соответствии с имеющейся программой или целью функционирования.

В приведенных определениях используется два дополнительных понятия – система и процесс.

Система – целенаправленная совокупность элементов, взаимодействующих между собой и направленных на достижение заданного результата.

Любая СВВ может быть расчленена на ряд производственных и технологических процессов.

Производственный процесс – временная последовательность в СВВ, при которой происходят перемещение и преобразование вещества (воды, реагентов, энергии) и (или) информации. Практически все современные производственные

процессы должны выполняться в соответствии с определенными инструкциями, строительными нормами и правилами (СНиП).

Технологический процесс – такая обработка воды и полуфабрикатов (промежуточных потоков, осадков), которая приводит к изменению их физических и химических свойств и превращению в конечную продукцию. Технологический процесс в СВВ – это совокупность механических, физико-химических, биологических и других процессов целенаправленной обработки воды и ее побочных продуктов.

Любой технологический процесс характеризуется определенными технологическими параметрами, которые могут изменяться во времени. В СВВ такими параметрами являются расходы материальных и энергетических потоков, химический состав, температура, давление, уровень в емкостях и др. Совокупность технологических параметров, полностью характеризующих конкретный технологический процесс, называется технологическим режимом.

Каждый технологический процесс в СВВ имеет свое целевое назначение, в соответствии с которым к нему предъявляют определенные требования: обеспечение заданной или максимальной производительности, заданного или наилучшего качества обработки воды, заданных или минимальных затрат реагентов и энергии на единицу обработанного потока воды, биогаза или осадков.

Любой технологический процесс в СВВ подвержен действию различных факторов, которые нельзя предусмотреть заранее. Такие факторы называются возмущениями. К ним относятся случайные изменения состава обрабатываемой воды, температуры, характеристик оборудования и др. Возмущающие воздействия на технологический процесс вызывают изменения технологического режима, что, в свою очередь, приводит к изменению таких технико-экономических показателей (ТЭП) процесса, как производительность, качество обработки, расход реагентов и энергии и т.п. Поэтому для обеспечения требуемых ТЭП необходимо компенсировать колебания технологического режима, вызванные действием возмущений. Такое

целенаправленное воздействие на технологический процесс представляет собой процесс управления. Совокупность требований, осуществляемых в процессе управления, называется целью управления. Управляемый технологический процесс вместе с оборудованием, в котором он реализуется, является объектом управления. Объект управления и устройства, необходимые для осуществления процесса управления, называются системой управления. Таким образом, система управления – это совокупность технологического процесса, оборудования, средств контроля и управления.

## **5.2 Иерархия управления системами водообработки**

Современные СВВ весьма сложны и характеризуются большим числом технологических параметров, прямо или косвенно влияющих на их ТЭП. Поэтому управление транспортом и обработкой как природных, так и сточных вод организуют по так называемому иерархическому принципу.

Иерархическое управление является одной из разновидностей централизованного управления. Оно заключается в многоступенчатой организации процесса управления, где каждая ступень имеет свои объекты и цели управления. Чаще всего целью управления является достижение заданных ТЭП процесса, которые зависят от технологического режима. Режим, при котором достигаются заданные показатели, называется оптимальным. На технологический процесс воздействуют случайные возмущения, которые ухудшают ТЭП, поэтому необходимо поддерживать технологические параметры процесса как можно ближе к их оптимальным значениям.

Управление технологическим процессом можно организовать в виде двух ступеней. На верхней ступени цель управления состоит в поиске оптимального режима, и объектами управления при этом являются весь технологический процесс и его оборудование. На нижней ступени цель управления – это обеспечение минимальных отклонений технологических параметров от их оп-

тимальных значений. Эта цель достигается относительно легко и заключается в стабилизации технологических параметров.

При подобной организации процесса управления, найденные на верхней ступени оптимальные значения технологических параметров, руководят нижними. Поэтому такие ступени обычно называют иерархическими уровнями управления.

При управлении современными СВВ в целом, т.е. рассматривая их как производственные предприятия, возникают другие цели и задачи управления, которые нельзя отнести к отдельным технологическим процессам. Это, например, задачи оперативного управления водообрабатывающими станциями и цехами, организацией водоснабжения и водоотведения, планированием запасов реагентов, хранением побочных продуктов и т.п. Поэтому процесс управления СВВ должен включать еще один уровень, на котором решаются организационные задачи. Он является высшим иерархическим уровнем.

Таким образом, структура управления современными СВВ характеризуется тремя уровнями иерархии (рисунок 5.1). Нижний уровень (I) представлен так называемыми локальными системами регулирования, функции которых сводятся к стабилизации отдельных технологических параметров. Такие задачи решаются автоматическими устройствами без участия человека, и поэтому системы нижнего иерархического уровня называются автоматическими системами регулирования (АСР).

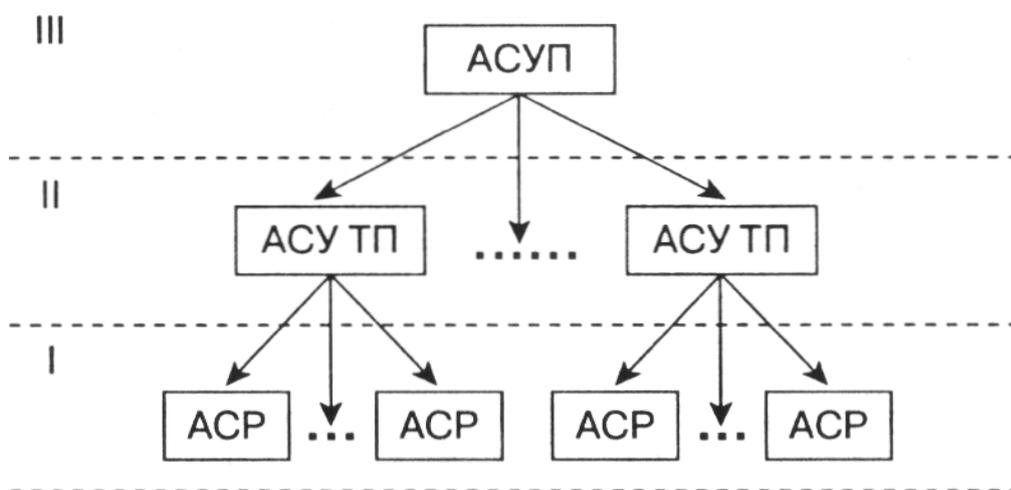


Рисунок 5.1 – Иерархия управления СВВ

Следующий иерархический уровень (II) образуют системы управления технологическими процессами. Объектами управления на этом уровне являются технологические установки или участки вместе с оборудованием и локальными АСР. Здесь решаются задачи оптимизации технологических режимов процессов. Также, в функции управления на этом уровне входит выявление и устранение ненормальных (аварийных) режимов, переключение оборудования, вычисление ТЭП и т. п. Указанные функции достаточно сложны и не могут быть целиком возложены на автоматические устройства. Поэтому здесь в системах управления применяют управляющие вычислительные машины (УВМ), а в процессах управления участвует оператор УВМ. Такие системы управления называются автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП).

На высшем иерархическом уровне (III) осуществляется управление всей системой транспортирования и обработки воды, т.е. всем предприятием. Объектами управления здесь могут быть производство и потребление питьевой воды, система транспортирования и очистки сточных вод, цех механического обезвоживания осадков (включая вспомогательные службы: снабжения, сбыта, ремонтные, конструкторские, АСУ ТП предыдущего уровня и т.п.). На этом уровне задачи управления всей производственной системой решаются с применением УВМ и обслуживающего персонала. Система этого уровня получила название автоматизированной системы управления предприятием (АСУП).

Играют роль локальные АСР нижнего иерархического уровня в общем процессе управления современными СВВ: они являются периферийными органами управления, через которые реализуются решения, принимаемые в процессе управления на более высоких иерархических уровнях.

### 5.3 Автоматизация установки для обезвоживания осадка

На кафедре Инженерные системы зданий и сооружений ИСИ СФУ была разработана автоматизация установки для обезвоживания осадка сточных вод [51], представленная на рисунке 5.2.

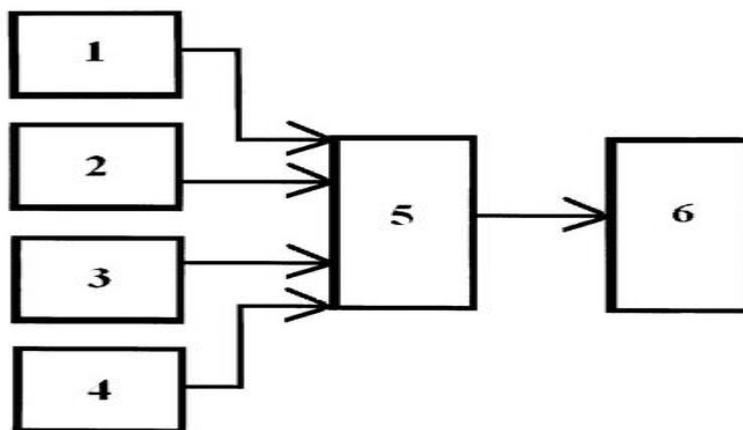


Рисунок 5.2 – Автоматизация установки для обезвоживания осадка

Установка для обезвоживания осадка сточных вод дополнительно снабжена системой автоматического управления элементами установки, содержащей датчик углового положения плоскости 1, имеющий индикатор ошибки и переключатели задатчика стабилизируемого угла, датчик высотного положения плоскости 2 с индикатором ошибки, датчик скорости ветра 3, датчик температуры окружающей среды 4, блок управления 5 и дискретные гидравлические приводы 6, связанные с исполнительными органами системы подъема и установки плоскости 1.

Суть автоматизации установки заключается в снижении трудоемкости и повышение эффективности установки для обезвоживания осадка, а так же сокращении длительности процесса при изменении скорости ветра и температуры окружающей среды, обеспечиваемых системой автоматического управления режимами исполнительных механизмов, связанных с соответствующими системами подъема и установки угла поворота плоскости, корректирующей направление движения воздушных потоков.

## 5.4 Схема управления электродвигателем

Схема работает следующим образом. При включении пусковой кнопки SB2 замыкается цепь питания обмотки магнитного пускателя КМ. Своими силовыми контактами КМ2 магнитный пускатель включает электродвигатель, а блок-контактом КМ1 шунтирует пусковую кнопку. После этого кнопку можно отпустить, а цепь питания обмотки магнитного пускателя останется замкнутой через его блок-контакт КМ1. Отключают двигатель нажатием кнопки «Стоп» SB1. При этом разрывается цепь питания обмотки пускателя и размыкаются его контакты КМ1 и КМ2. После отпускания кнопки SB1 обмотка магнитного пускателя остается обесточенной. В этой схеме предусмотрено действие защиты в трех возможных аварийных ситуациях: при исчезновении напряжения в сети, при перегрузках и при коротких замыканиях.

При исчезновении напряжения в сети, например при отключении подачи электроэнергии, происходят отключение магнитного пускателя и остановка электродвигателя. Блок-контакт КМ1 обеспечивает защиту электродвигателя от самопроизвольного повторного включения при возобновлении подачи электроэнергии. Повторный пуск двигателя возможен только после нажатия пусковой кнопки SB2. Защита электродвигателя от перегрузок осуществляется тепловыми реле КК1 и КК2, нагревательные элементы которых включены в две фазы питания электродвигателя, а размыкающие контакты – в цепь питания обмотки магнитного пускателя. Для нового пуска электродвигателя, отключенного тепловым реле, необходимо сначала вручную нажать кнопку, замыкающую контакты теплового реле. Защита электродвигателя и цепи магнитного пускателя от коротких замыканий выполняется предохранителями FU1, FU2 и FU3.

## 5.5 Энергосбережение в насосных установках

В структуре себестоимости промышленной продукции затраты на потребление энергоресурсы составляют значительную часть. Уменьшить расход электроэнергии в насосных агрегатах возможно посредством регулирования частоты вращения (числа оборотов в минуту) насосов в функции расхода воды. Частота переменного напряжения  $f$  в электрических сетях энергосистем страны постоянна и равна 50 Гц, что достаточно для вращения электродвигателей насосов с номинальной частотой  $n$  (об/мин).

Чтобы изменить частоту переменного напряжения, подводимого к электродвигателю насоса, необходимо подключить электродвигатель к индивидуальному преобразователю частоты, присоединенному в свою очередь к электрической сети с частотой переменного напряжения  $f=50$  Гц. В зависимости от величины сигнала управления, поступающего от соответствующего датчика на вход преобразователя частоты, частота переменного напряжения на выходе может изменяться в интервале 5-50 Гц, что обеспечивает возможность десятикратного уменьшения частоты вращения насосного агрегата. Функциональная схема автоматического регулирования частоты вращения насосного агрегата, работающего на сеть водоснабжения, представлена на рисунке 5.3, а для откачивающего насосного агрегата на рисунке 5.4.

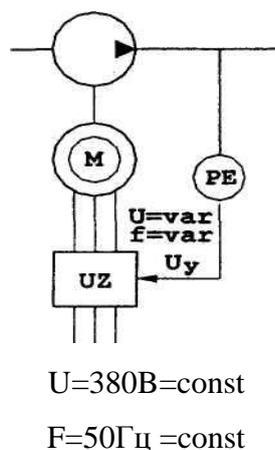
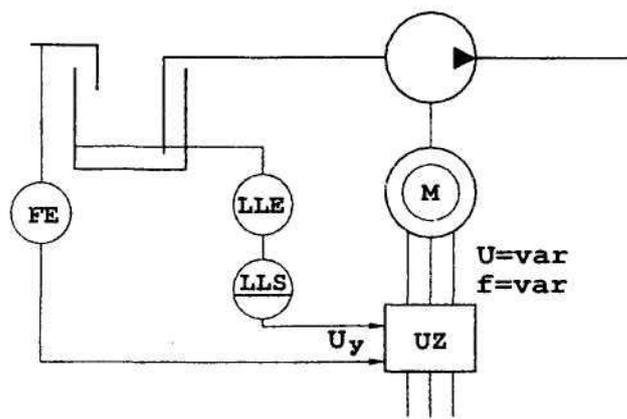


Рисунок 5.3 – Функциональная схема регулирования скорости вращения сетевого насоса



$$U=380\text{В}=\text{const}$$

$$F=50\text{Гц}=\text{const}$$

Рисунок 5.4 – Функциональная схема регулирования скорости вращения откачивающего насоса

Откачивающие насосные агрегаты подают равное (постоянное) количество воды, автоматически включаясь и отключаясь в зависимости от ее уровня в резервуаре. Производительность насоса определяют максимальным притоком воды в приемный резервуар в течение часа. Если в течение какого-то промежутка времени приток меньше максимального, то посредством преобразователя частоты можно снизить частоту вращения насоса до значения, при котором подача насоса будет равна значению притока. При автоматическом регулировании подача насоса в функции значения притоков приемный резервуар, несмотря на непрерывность работы насоса, за счет уменьшения развиваемого им напора потребление электроэнергии электродвигателем насоса уменьшается по сравнению с вариантом периодической работы насоса с неизменной частотой вращения.

## 5.6 Автоматизация удаления осадка из отстойника

В отстойниках наиболее важным является автоматизация удаления из них осадка. Простейшее решение этой задачи – выпуск осадка по заданному графику с помощью программного регулятора. Однако точный график откачки

составить очень сложно, поэтому чаще всего автоматическое удаление осадка производят путем измерения его уровня в отстойниках. В схеме измерения уровня используется автоматический сигнализатор уровня осадка, содержащий в себе фотоэлектрический датчик, состоящий из двух металлических корпусов, в одном из которых помещается фотосопротивление, а в другом – лампа подсветки. В зависимости от изменения оптической плотности жидкости между фотосопротивлением и лампой подсветки изменяется значение тока, поступающего в схему автоматики.

Для эффективной работы отстойников и предотвращения выноса взвешенных веществ большое значение имеет поддержание одинаковой нагрузки на каждый отстойник или равномерное распределение между ними переменного общего притока сточных вод на станцию. С этой целью предусматривается автоматическое регулирование открытия задвижек на подводящих к каждому отстойнику трубопроводах. Такое регулирование осуществляется с помощью расходомеров или уровнемеров воды.

В общей проблеме повышения эффективности СВВ автоматизация контроля и оперативного управления этими объектами является исключительно актуальной, поскольку экономическая сторона проблемы в данном случае удачно сочетается с социально-экологической. Это связано с тем, что автоматизация систем транспортирования, очистки сточных вод, а также обработки их осадков позволяет существенно снизить количество сбрасываемых в водоемы вредных для окружающей среды веществ. Так же она позволяет утилизировать огромное число безвозвратно теряемых ценных компонентов, которые при их оптимальном извлечении и использовании могут значительно пополнить сырьевые и энергетические ресурсы страны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование криогенной обработки в естественных условиях показало, что регулирование процесса позволяет интенсифицировать водоотдачу осадка: удельное сопротивление фильтрации снижается в 10 - 17 раз, объём осадка – в 6 - 8 раз.

Улучшение водоотдачи осадка позволяет снизить энергозатраты и увеличить производительность обезвоживающих аппаратов, а уменьшение объёма осадка приводит к снижению техногенного воздействия на окружающую среду.

Технико-экономическое сравнение вариантов технических решений позволило сделать вывод о том, что технологическая схема кондиционирования осадка при криогенной обработке является экономически выгодной.

Учитывая климатические условия Сибири, использовать только криогенную обработку невозможно, поэтому была рассчитана технологическая схема электрокоагуляционной обработки маслосодержащего осадка. Она отличается простотой устройств, ограниченным расходом реагентов, автоматическим управлением процессами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дьяков, М. С. Технологии переработки и обезвоживания осадков сточных вод: ретроспектива и перспективные направления развития / М. С. Дьяков, А. В. Цыбина, У. В. Груздева // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – Пермь, 2014. – № 3.

2 Пат. 2450981 Россия, МПК C02F11/00. Способ кондиционирования осадков сточных вод/ С. М. Сидоров; заявитель и патентообладатель ООО «ГИДРОМАШ ЭКОЛОГИЯ». – № 2010125766/05; заявл. 23.06.2010; опубл. 20.05.2012.

3 Халтурина Т. И. Современные технологии очистки производственных сточных вод, обработки и утилизации осадка : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / Т. И. Халтурина. – Красноярск : СФУ, 2013. – 95 с.

4 Благоразумова А. М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод : учебное пособие часть 1 / А. М. Благоразумова. – Новокузнецк : СибГИУ, 2010. – 139 с.

5 Федяева О. А. Промышленная экология : конспект лекций[электронный ресурс] / О. А. Федяева. – Омск : ОмГТУ, 2007. – 145с.

6 Ветошкин А. Г. Защита литосферы от отходов : учебное пособие/ А. Г. Ветошкин. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та., 2005. – 189 с.

7 Денисов, С. Е. Перспективы использования вибрационных эффектов для интенсификации процесса обезвоживания осадка сточных вод/ С. Е. Денисов, Е. Н. Гордеев // Производственно-технический и научно-практический журнал / Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – Москва, 2015. – № 86. – С. 40–43.

8 Халтурина Т. И. Очистка сточных вод промышленных предприятий : учеб.-метод. пособие [Электронный ресурс] / Т. И. Халтурина. – Красноярск : СФУ, 2014. – 164 с.

9 Пат. 2252922 Россия, МПК C02F11/02. Способ обработки активного ила и осадков сточных вод / В. В. Кирсанов, А. З. Асадуллин, В. Н. Кудряшов, Д. Е.

Смирнов, Р. Н. Фадеева, Ф. Ю. Ахмадуллина, Р. Р. Баширов, Р. К. Закиров; Казанское ОАО «Органический синтез»; заявл. 30.10.2005; опубл. 27.05.2006.

10 Кучерова, Л. В. Кондиционирование осадков сточных вод / Л. В. Кучерова, А. А. Малиновская // Вологдинские чтения. – Владивосток, 2009. – № 76. – С 140-141.

11 Осадки производственных сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://megalektsii.ru/s4651t2.html>

12 Сизых, М. Р. Кондиционирование осадков сточных вод / М. Р. Сизых // Вестник Бурятского Государственного Университета. – 2013. – № 3. – С 18-19.

13 Кичигин В. И. Водоотводящие системы промышленных предприятий : учебное пособие / В. И. Кичигин. – Москва: АСВ, 2011. – 656 с.

14 Катионит, анионит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poliflok.narod.ru>

15 Коагулянты и флокулянты [Электронный ресурс]. – Москва. – Режим доступа: <http://www.ahimprom.ru/koagulyanty-i-flokulyanty>

16 Коагуляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.vodainfo.com/ru/about\\_water/purification/physical\\_chemical/coagulation.html](http://www.vodainfo.com/ru/about_water/purification/physical_chemical/coagulation.html)

17 Подготовка осадков сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://engineeringsystems.ru/p/podgotovka-osadkov-stochnih-vod.php>

18 Пат. 2449955 Россия, МПК C02F11/14. Способ и установка для кондиционирования осадков перед сушкой/ Марсель Лезуалль, Андрэ Обри, Клод Прево; заявитель и патентообладатель «ДЕГРЕМОН». – № 2009108265/05; заявл. 6.08.2007; опубл. 10.05.2012.

19 Туровский И. С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание / И. С Туровский. – Москва : ДеЛи принт, 2008. – 375 с.

20 Халтурина, Т. И. Обработка осадков сточных вод металлообрабатывающих предприятий / Т. И. Халтурина, Ю. В. Хомутова, О. В. Чурбакова // Изв. Вузов «Строительство» – 2010. – № 9. – С 69-73.

21 Касиков, А. Г. Очистка промышленных сточных вод с использованием отходов производства / А. Г. Касиков // Межотраслевой научно-практический журнал / Экология промышленного производства. – Москва, 2006. – № 4. – С 28-36.

22 Наука и образование в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 октября 2014 г.: в 17 частях. Часть 5. – Тамбов : ООО «Консалтинговая компания Юком», 2014. – 164 с.

23 Очистка воды при помощи флокулянтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oskada.ru/obrabotka-i-ochistka-vody/ochistka-vody-pri-pomoshhi-flokulyantov.html>

24 Настенко, А. О. Современные коагулянты и флокулянты в очистке природных и сточных вод / А. О. Настенко, О. И. Зосуль // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – № 3. – С 531-537.

25 Халтурина, Т. И. Интенсификация обезвоживания осадков сточных вод металлообрабатывающих предприятий / Т. И. Халтурина, А. Н. Уарова, О. В. Чурбакова // Журнал «Вестник Иркутского государственного технического университета». – Иркутск, 2014. – № 8 (91). – С 109-115.

26 Воронов Ю.И. Водоотведение и очистка сточных вод: учебное пособие / Ю. И. Воронов, С. В. Яковлев. – Москва : АСВ, 2006. – 704 с.

27 Жизнь растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://plant.geoman.ru>

28 Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. П. Карманов, И. Н. Полина. – Сыктывкар : СЛИ, 2015. – 207 с.

29 Сотрудничество для решения проблемы отходов: Матер. IV Междунар. конф. (31 января – 1 февраля 2007 г.). – Харьков : ЭкоИнформ, 2007. – 336 с.

30 Малинина Е. М. Реконструкция инженерных систем и сооружений / Е. М. Малинина, Т. Ю. Попова – Владивосток : ДВФУ, 2015. – 116 с.

31 Халтурина, Т. И. Обработка и утилизация осадка кислотнo-щелочных сточных вод металлообрабатывающих предприятий / Т. И. Халтурина, О. В. Чурбакова, Т. А. Курилина // Изв. Вузов «Строительство» – 2010. – № 8. – С 72-77.

32 Халтурина, Т. И. Интенсификация обезвоживания осадка сточных вод металлообрабатывающих предприятий/ Т.И. Халтурина, О.В. Чурбакова, Е. В. Колдырев / Изв. Вузов «Строительство» – 2012. – № 9. – С 66-71.

33 Пат. 1495316 SU, МПК C02F11/20 Установка для обезвоживания осадка сточных вод/ В. Ф. Турутин, Т. И. Халтурина, Э. А. Котанова, Т. Я. Пазенко; патентообладатель Красноярский инженерно-строительный институт. – № 4233501/31-26; заявл. 21.01.1987; опублик. 23.07.1989, Бюл. № 27.

34 Современные методы обработки осадка [Электронный ресурс]: Бионик. – Режим доступа: <http://www.biostock.ru/sovremennye-metody-obrabotki-osadka-obrazuyuschegosya-v-stochnyh-vodah.html>.

35 Тепловая обработка осадков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biostock.ru/dopoborudovanie/obezvozhivanie-osadka/141-2012-11-16-14-57-51.pdf>

36 Пат. 2486140 Россия, МПК C02F11/12. Способ обработки осадков сточных вод/ Т. И. Халтурина, Ю. В. Гаврилова, О. В. Чурбакова, Т.А. Курилина; патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет». – № 2012121370/05; заявл. 23.05.2012; опублик. 27.06.2013.

37 Пат. 2431231 Россия, МПК H02M 9/06. Устройство для получения асимметричного тока/ Т. И. Халтурина, Ю. В. Гаврилова, О. В. Чурбакова, Т. А. Курилина; патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский Федеральный Университет». – № 2010131777; заявл. 28.07.2010; опублик. 10.10.2011, Бюл. № 28.

38 Опыт использования метантенков, генерации энергии и повышения энергоэффективности МГУП «Мосводоканал» / Электронный журнал «Энергосовет», 2013. – № 1. – С 26-29.

39 Механическое обезвоживание осадка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vodoprovod-24.ru/mexanicheskoe-obevozhivanie-osadka.html>

40 Рублевская, О. Н. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод / О. Н. Рублевская, А. Л. Краснопеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 4. – С 65-69.

41 Жуков, А. В., Шнековый обезвоживатель осадка VOLUTE фирмы AMCON / А. В. Жуков // Производственно-технический и научно-практический журнал / Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – Москва, 2015. – № 92. – С 58-60.

42 Лобовиков, А. О. Эколого-экономическая эффективность использования наилучших доступных технологий утилизации осадков сточных вод / А. О. Лобовиков, Ю. В. Завизион / Электронный научный журнал / Управление экономическими системами». – 2/2013. – № 50.

43 Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы [Электронный ресурс]. – 2012. – 125 с. – Режим доступа: [http://www.purebalticsea.eu/index.php/gpsm:good\\_practices](http://www.purebalticsea.eu/index.php/gpsm:good_practices)

44 Панкова, Г. А. Опыт эксплуатации заводов по сжиганию осадков сточных вод в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / Г. А. Панкова, С. В. Петров // Журнал «Водоснабжение и санитарная техника». – Москва, 2015. – № 7.

45 Гуляева, И. С. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений / И. С. Гуляева // Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. – Пермь, 2012. – № 2. – С 18-32.

46 Жмур, Н. С., Европейский опыт по сокращению сброса в водоёмы соединений азота и фосфора на примере Германии / Н. С. Жмур // Производственно-технический и научно-практический журнал / Водоочистка, водоподготовка, водоснабжение. – Москва, 2015. – №87. – С 54-69.

47 Рублевская, О. Н. Опыт внедрения современных технологий и методов обработки осадка сточных вод / О. Н. Рублевская, А. Л. Краснопеев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – №4. – С 65-69.

48 А.с. 1740332 Россия МКИ5 С02F 11/20 Устройство для обезвоживания осадка сточных вод/ Б. Ф. Турутин, Т. И. Халтурина, О. В. Чурбакова; заявл. 01.12.89; опубл. 15.06.1992, Бюл. № 22.

49 Рутьков А. А. Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения : учебник / А. А. Рутьков. – Москва : ИНФРА-М, 2014. – 192 с.

50 Соснин О. М. Основы автоматизации технологических процессов и производств : учебное пособие / О. М. Соснин. – Москва : Академия, 2007. – 240 с.

51 Пат. 132067 Россия, МПК С02F11/20. Установка для обезвоживания осадка сточных вод/ Т. И. Халтурина, А. С. Климов, О. Л. Климова; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – № 2013111711/05; заявл. 15.03.2013; опубл. 10.09.2013, Бюл. №25.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Методика проведения анализа, характеризующего состав и свойства маслосодержащего осадка

Твёрдые частицы загрязнений и продукт, который из них образуется, удаляется из жидкой фазы в процессе обработки воды, скапливаются в виде суспензии различной концентрации, известной под названием «осадок».

Все осадки перед их выбросом в окружающую среду требуют обработки. Для определения метода обработки необходимо знать факторы, характеризующие природу осадка.

#### Определение влажности

В фарфоровую чашку для выпаривания, предварительно взвешенную с точностью до 0,01 г, наливают несколько приёмов, хорошо перемешивая, около 100 мл осадка. Чашку (тигель) с осадком взвешивают на технических весах. Затем выпаривают на водяной бане, сушат в сушильном шкафу 300 мин. при температуре 105°C, охлаждают, доводят до постоянного веса в эксикаторе, взвешивают.

Расчёт влажности осадка производим по формуле

$$P = \frac{(a-b) \cdot 100}{q}, \%, \quad (\text{A.1})$$

где  $a$  – масса тигеля с навеской, г;

$b$  – масса тигеля с навеской после просушивания, г;

$q$  – навеска,  $q=a-c$ ;

$c$  – масса тигеля, г.

## Определение зольности

В фарфоровый тигель, предварительно прокаленный при температуре 600°C в муфельной печи и взвешенный после охлаждения в эксикаторе, помещают пробу воздушно-сухого осадка.

Тигель прокаливают до постоянной массы в муфельной печи при 600°C в течении 4 часов, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0001 г.

Зольность осадка выражают в процентах по отношению к абсолютно сухому веществу.

Зольность осадка вычисляют по формуле

$$z = \frac{b-c}{d-c} \cdot 100, \% \quad (\text{A.2})$$

где  $b$  – масса тигеля с навеской после просушивания, г;

$d$  – масса тигеля с навеской после прокаливания, г;

$c$  – масса тигеля, г.

Сухой остаток определяют по формуле

$$x = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 100}{V_{oc}}, \text{ Г/ДМ}^3 \quad (\text{A.3})$$

Остаток после прокаливания:

$$y = \frac{(m_3 - m_1) \cdot 100}{V_{oc}}, \text{ Г/ДМ}^3 \quad (\text{A.4})$$

Потери при прокаливании:

$$z = \frac{(m_2 - m_3) \cdot 100}{v_{oc}}, \text{ г/дм}^3, \quad (\text{A.5})$$

где  $m_1$  – масса чашки, г;

$m_2$  – масса чашки с высушенным остатком, г;

$m_3$  – масса чашки с остатком после прокаливании, г;

$v_{oc}$  – объём осадка, взятого для определения,  $v_{oc}=25$  мл.

Замасленность определяется по формуле

$$Z = \frac{x}{z} \cdot 100, \%, \quad (\text{A.6})$$

где  $x$  – сухой остаток, г/дм<sup>3</sup>;

$z$  – потери при прокаливании, г/дм<sup>3</sup>.

### **Определение удельного сопротивления осадка**

Удельным сопротивлением называется сопротивление единицы массы осадка, приходящееся на единицу площади фильтра при определённом постоянном давлении.

Оборудование: мерный цилиндр вместимостью 200 мл с ценой деления мл., воронка Бюхнера, колба Бунзена объёмом 0,5 л, ртутный манометр, вакуумный насос, секундомер.

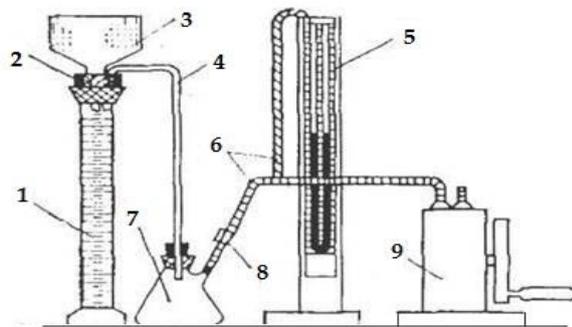
Порядок работы:

На дно воронки Бюхнера укладывают слегка смоченную водой фильтровальную бумагу и присасывают насосом.

При закрытом запорном кране на резиновом шланге создают насосом желаемое разрежение в пределах 400-500 мм.рт.ст. В воронку наливают 100 мл

перемешанного осадка, открывают кран, доводят осторожно вакуум до требуемой величины и включают секундомер. Резко повышать вакуум не следует, так как это может привести к спрессованию кека и, следовательно, к увеличению сопротивления. Дальнейшее фильтрование производят при постоянном вакууме.

Количество образовавшегося фильтрата измеряют в цилиндре через 30 сек., затем интервал измерений следует изменить. Продолжительность фильтрации зависит от скорости отдачи воды осадком. Схема определения удельного сопротивления осадка представлена на рисунке А.1.



1 – мерный цилиндр; 2 – резиновая пробка; 3 – воронка Бюхнера; 4 –металлическая трубка; 5 – ртутный манометр; 6 – резиновый шланг; 7 – колба Бунзена; 8 – запорный кран; 9 – вакуумный насос

Рисунок А.1 – Схема для определения удельного сопротивления фильтрации осадка

Удельное сопротивление фильтрации определяют по формуле

$$r = 2PF^2b/\eta c, \text{ см/г}, \quad (\text{А.7})$$

где  $P$  – давление при фильтрации, гс/(см·с<sup>2</sup>);

$F$  – площадь фильтра, см<sup>2</sup>;

$b$  – тангенс угла наклона прямой, построенной в координатах  $T/V$  и  $V$ , с/см<sup>6</sup>;

$\eta$  – вязкость фильтрата, г/см·с;

$c$  – концентрация осадка, г/см<sup>3</sup>.

Плотность определяется по формуле

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{v_{oc}}, \text{ Г/см}^3, \quad (\text{A.8})$$

где  $m_1$  – масса чашки с навеской, г;

$m_2$  – масса чашки, г;

$v_{oc}$  – объём осадка,  $v_{oc}=25$  мл.

### Определение связи влаги с твёрдой фазой осадка

Кинетику изменения влажности осадка можно проследить в процессе его конвективной сушки нагретым воздухом, имеющим постоянную температуру и постоянную скорость перемещения. Толщина слоя не более 5 мм. 100 г осадка высушивают при  $t=105^\circ\text{C}$ , фиксируя влажность через определённые промежутки времени (0;20;40;60;80;100;120;140;160;180 мин).

Интенсивность сушки:

$$Y = \frac{m_{\text{жс}}}{\Delta r \cdot F}, \quad (\text{A.9})$$

где  $m_{\text{жс}}$  – масса испарившейся воды за период  $\Delta r$ ;

$F$  – площадь,  $\text{см}^2$ ;

$r$  – продолжительность сушки, мин.

Влажность осадка в любой момент времени:

$$W = \frac{m_r - m_k}{m_r} \cdot 100, \%, \quad (\text{A.10})$$

где  $m_r$  – масса образца в текущий момент, г;

$m_k$  – масса образца в конце сушки, г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод» содержит 88 страниц текстового документа, 1 приложение, 51 использованных источников, 10 листов графического материала.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ПАТЕНТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО МЕТОДАМ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД, ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИОГЕННОЙ ОБРАБОТКИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СООРУЖЕНИЙ ПО ОБРАБОТКЕ ОСАДКОВ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МАСЛОСОДЕРЖАЩЕГО ОСАДКА, ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ.

Объект аудита – ООО «КраМЗ».

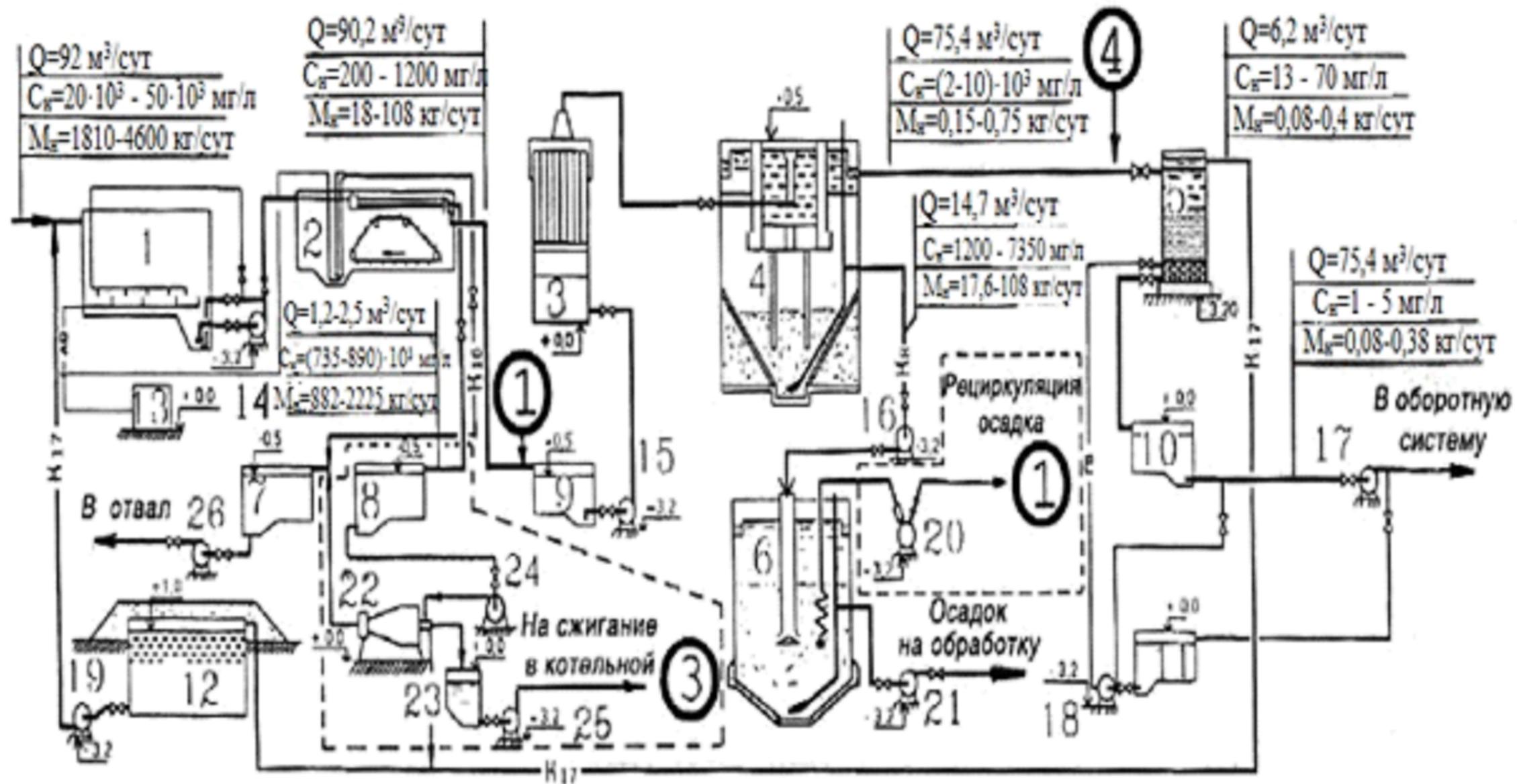
Цель аудита: разработка эффективного способа кондиционирования осадков сточных вод, содержащих эмульгированные нефтепродукты с учётом региональных условий.

Был выполнен анализ натурального осадка и исследован процесс замораживания и оттаивания в зависимости от условий замораживания.

Проведён технологический расчёт сооружений по схемам: криогенная обработка осадка и электрокоагуляция. Сделано технико-экономическое сравнение вариантов технических решений, которое показало, что экономически выгодной является технологическая схема кондиционирования осадка при криогенной обработке.

Установлено, что криогенная обработка осадка маслосодержащих сточных вод в естественных условиях приводит к изменению его структуры, снижению удельного сопротивления фильтрации в 10-17 раз, объёма в 6-8 раз.

# Технологическая схема очистки маслоэмульсионных сточных вод

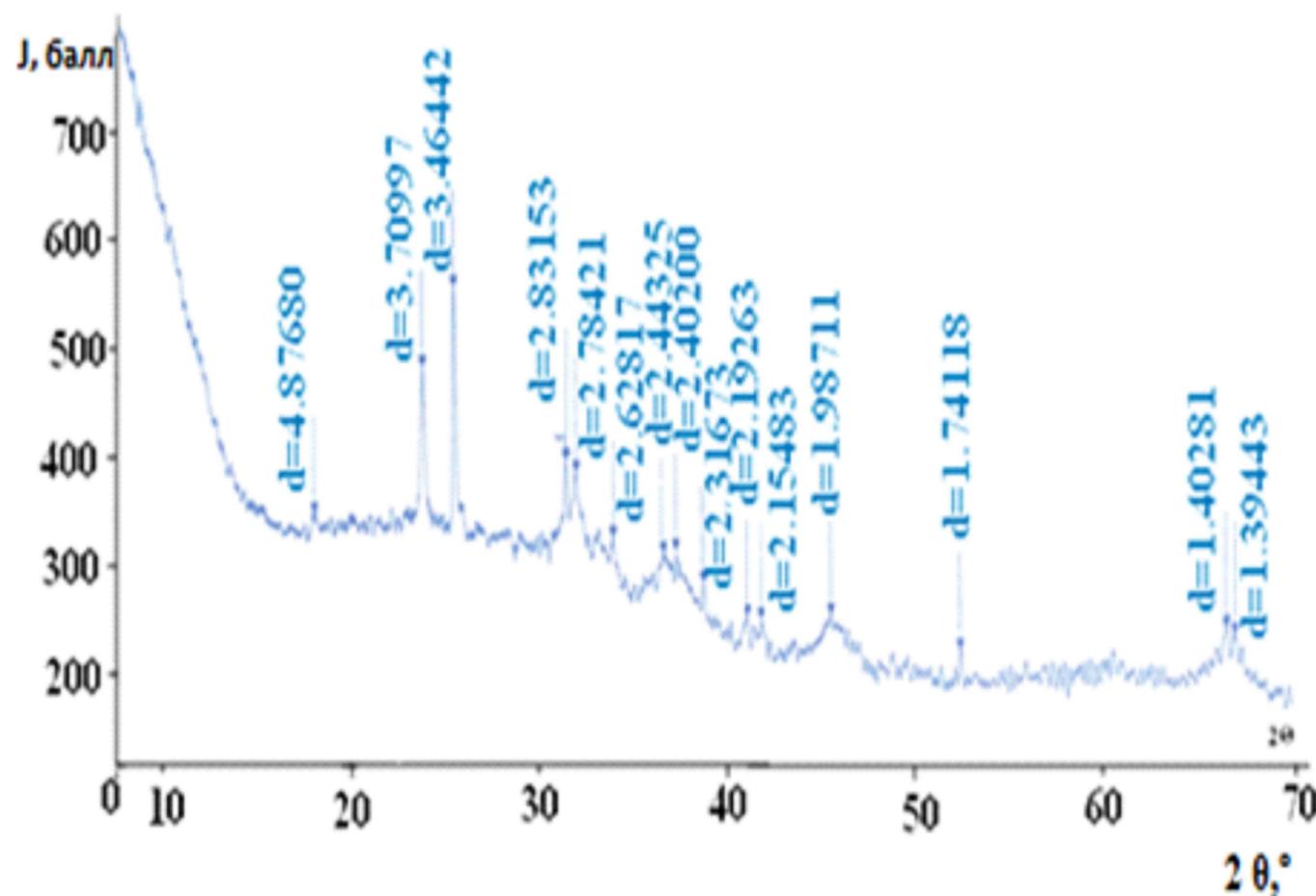


1 - резервуар-усреднитель; 2 - нефтеловушка; 3 - напорный электролизер; 4 - вертикальный отстойник со встроенной камерой хлопьеобразования; 5 - скорые фильтры с зернистой загрузкой; 6 - шламонакопитель; 7 - бак замасленных отходов удаляемых из приемка нефтеловушки; 8 - бак для сбора из нефтеловушки пленочных нефтепродуктов; 9 - промежуточный резервуар; 10 - резервуар чистой воды (РЧВ); 11 - резервуар горячей воды (РГВ); 12 - резервуар загрязненной воды после промывки фильтров (РПрВ); 13 - воздуходувки; 14 - насосная станция первого подъема; 15 - насосная станция второго подъема; 16 - насос перекачки осадка; 17 - насосы технической воды; 18 - насос промывной воды; 19 - насос перекачки промывной воды; 20 - насос рециркуляции осадка; 21 - насос подачи осадка на обработку; 22 - центрифуга; 23 - ёмкость для сбора масла; 24 - насос подачи пленочных отходов на центрифугу; 25 - насос подачи масла на сжигание; 26 - песковой насос.

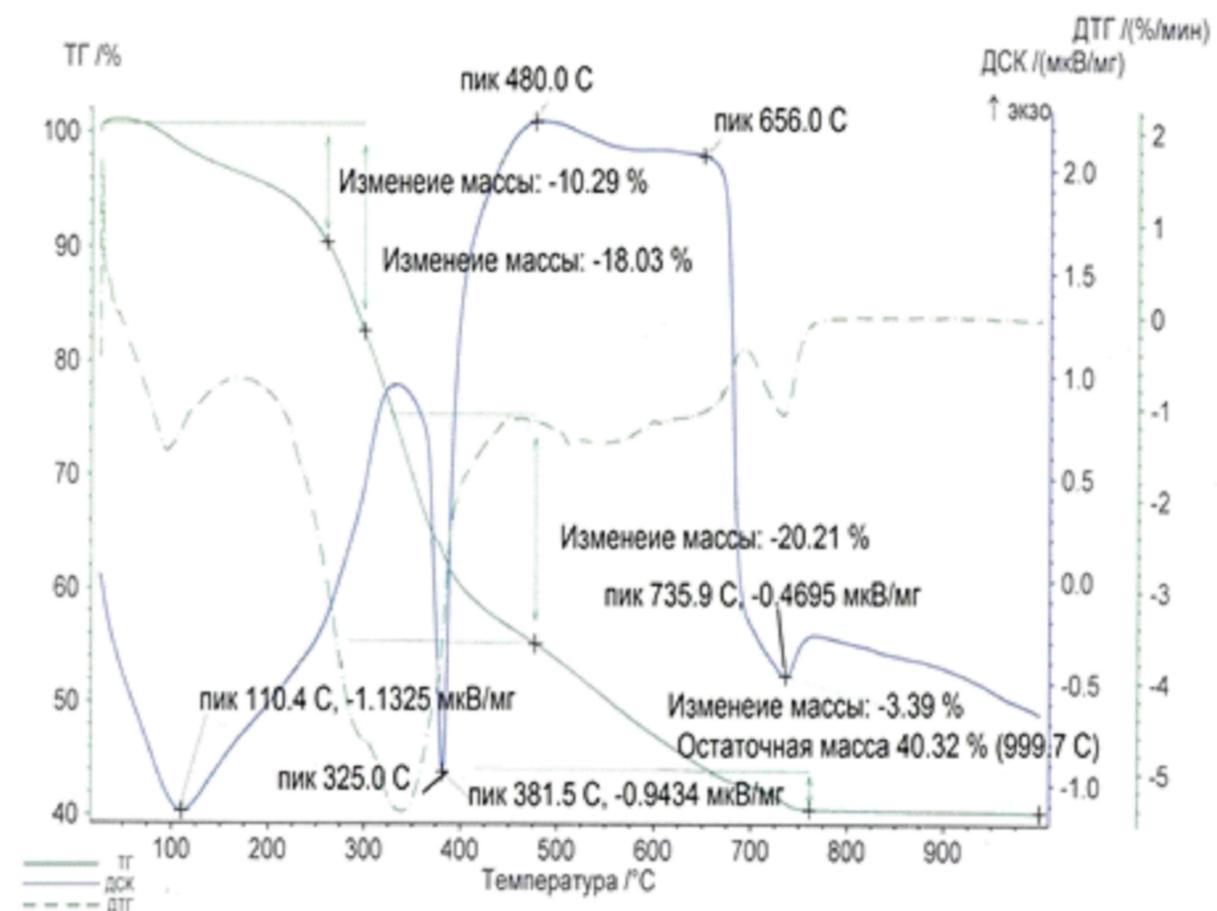
БР-08.03.01.06-2016					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Селезнева				
Консулт.	Халтурина				
Руков.	Халтурина				
Н.контр.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод				Стадия	Лист
				у	1
Технологическая схема очистки маслоэмульсионных сточных вод				ИСЗиС	
				Листов	10

# Исследование свойств, состава и структуры осадка

## Дифрактограмма исходного осадка



## Термограмма исходного осадка



Рентгенофазовый анализ проведён на дифрактометре «D8-ADVANCE», немецкой фирмы «Bruker-ASX», где J - интенсивность излучения, балл;  $2\theta^\circ$  - величина краевого угла; d - величина межплоскостных расстояний

Линии d=3,70; d=3,46; d=2,62; d=2,40; d=1,40 - полимерные модификации Al.

Линии d=2,83; d=1,98 - соединения кальция  $CaCO_3$ ,  $CaSO_4$ .

Линии d=4,87; d=1,98 - кварцит  $SiO_2$ .

## Исходные свойства осадка

Влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельное сопротивление фильтрации $r \cdot 10^{-10}$ , см/г	Замасленность, %	Объём осадка, %
99	1,0	690	51,4	100

Термогравиметрический анализ осадка проведён на приборе STA 449F1 немецкой фирмы NETZSCH, в диапазоне: 30/200 К/мин/1000, в режиме ДСК-ТГ, где ДСК - дифференциальная сканирующая калориметрия, ТГ - кривая изменения массы, %.

Эндоэффекты: при  $t=110,4^\circ\text{C}$ ,  $t=381,5^\circ\text{C}$ ,  $t=735,9^\circ\text{C}$ .

Экзоэффекты: при  $t=325,0^\circ\text{C}$ ,  $t=480,0^\circ\text{C}$ ,  $t=656,0^\circ\text{C}$ .

БР-08.03.01.06-2016					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	Издок	Подп.	Дата
Разраб.	Селезнева				
Консульт.	Халтурина				
Руков.	Халтурина				
Исслед.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод				Студия	Лист
				у	2
Исследование свойств, состава и структуры осадка				Листов	
				10	
				ИСЗиС	

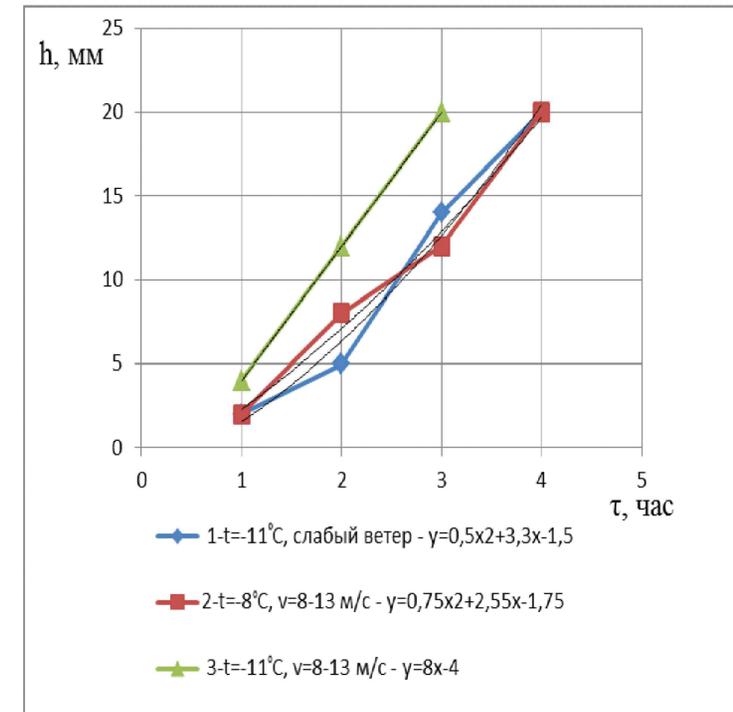
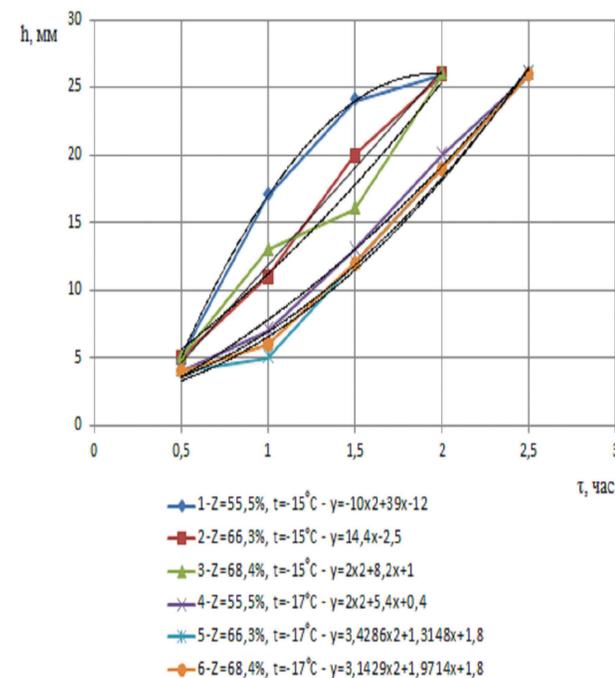
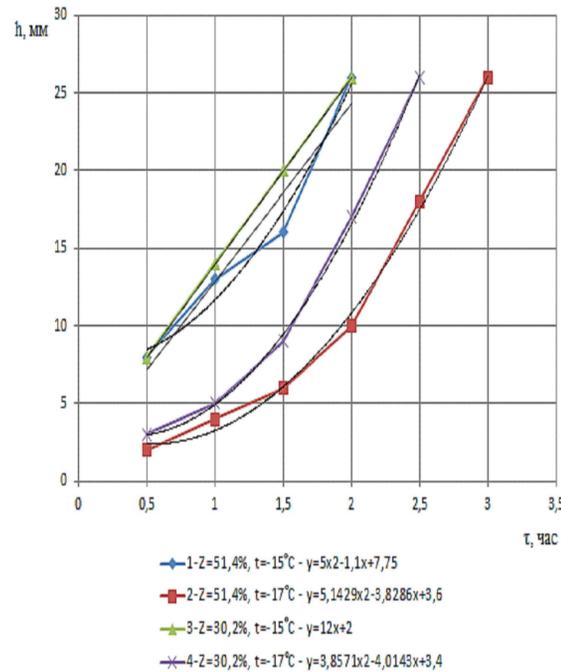
# Исследование процесса криогенной обработки

Глубина промерзания осадков при различных температурах  
в естественных условиях

$\tau$ , час	$S_{уд}^{опт}=73\text{мм}^2/\text{мл}, h=20\text{ мм}$				
	$v_{в}=8-12\text{ м/с}, \text{ запад } t_{зам}=-15^{\circ}\text{C}$				
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%	Z=30,2%
0,5	5	5	5	8	8
1	17	11	13	13	14
1,5	24	20	16	16	20
2	26	26	26	26	26
$\tau$ , час	$v_{в}=8-12\text{ м/с}, \text{ запад } t_{зам}=-17^{\circ}\text{C}$				
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%	Z=30,2%
	0,5	4	4	4	2
1	7	5	6	4	5
1,5	13	12	12	6	9
2	20	19	19	10	17
2,5	26	26	26	18	26
3	-	-	-	26	-

Глубина промерзания осадков при одной температуре,  
но разной скорости ветра

$\tau$ , ч	$S_{уд}^{опт}=73\text{мм}^2/\text{мл}, h=20\text{ мм}$			
	слабый ветер, $t_{зам}=-11^{\circ}\text{C}$			
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%
1	2	2	2	2
2	8	7	5	5
3	17	15	14	14
4	20	20	20	20
$\tau$ , ч	юго-западный ветер, $v_{в}=8-13\text{ м/с}, t_{зам}=-8^{\circ}\text{C}$			
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%
	1	2	2	2
2	11	10	8	8
3	18	16	14	12
19	20	20	20	20
$\tau$ , ч	западный ветер, $v_{в}=8-13\text{ м/с}, t_{зам}=-11^{\circ}\text{C}$			
	Z=55,5%	Z=66%	Z=68,4%	Z=51,4%
	1	8	7	4
2	16	15	12	12
3	20	20	20	20



Графические зависимости кинетики замораживания осадка с разными значениями замасленности и температуры

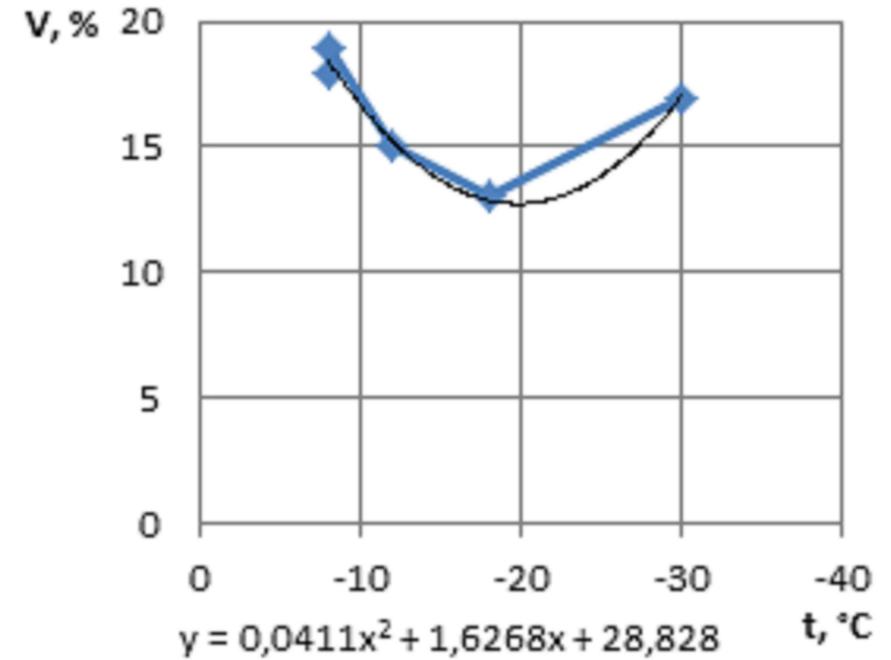
Графическая зависимость кинетики замораживания осадка при одной температуре, но разной скорости ветра

БР-08.03.01.06-2016					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Селезнева				
Консулт.	Халтурина				
Руков.	Халтурина				
Исслед.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод			Стадия	Лист	Листов
			у	з	10
Исследования процесса криогенной обработки			ИСЗиС		

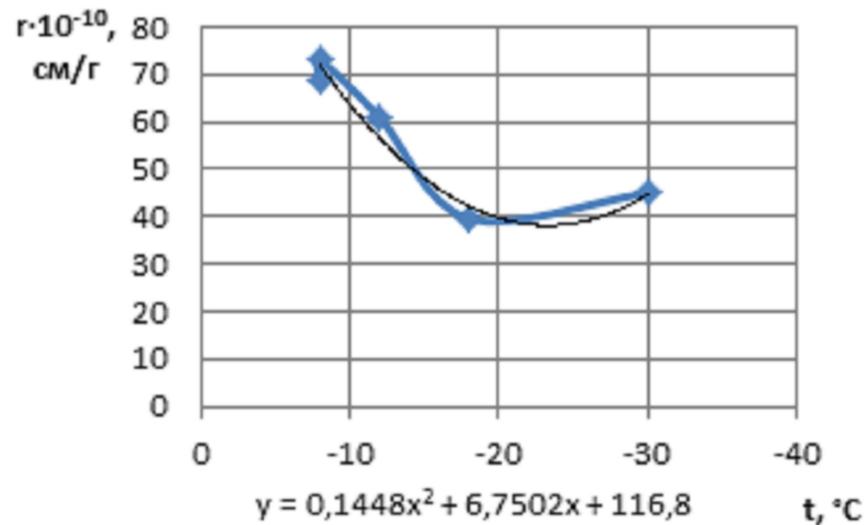
# Исследование свойств осадка в зависимости от условий замораживания

Свойства маслосодержащего осадка в зависимости от условий замораживания

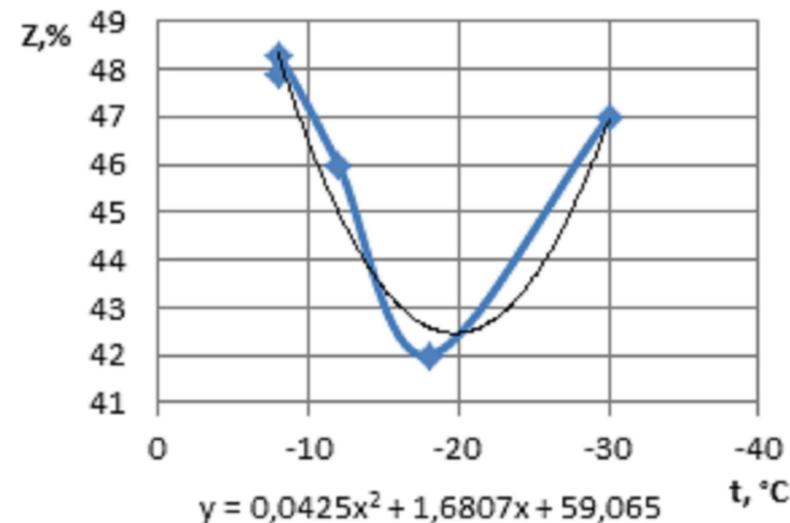
Свойство осадка	Условия замораживания при $t$ , °C					
	Исходный	-8 $v=2$ м/с	-8 $v=2,5$ м/с	-12 $v=1,8$ м/с	-18 $v=2,1$ м/с	-30 $v=1,4$ м/с
Влажность, %	99	88	90	83,4	75,4	82
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0	1,14	1,1	1,13	1,13	1,15
Удельное сопротивление фильтрации $\text{г} \cdot 10^{-10}$ , см/г	690	69	73	61	39,6	45
Замасленность, %	51,4	47,9	48,3	46	42	47
Объём осадка, %	100	18	19	15	13	17



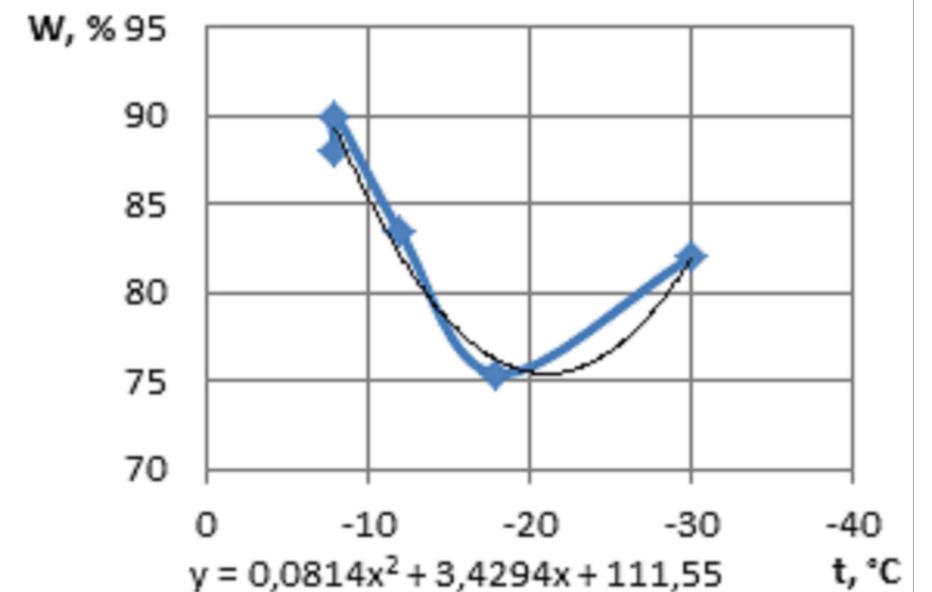
Зависимость изменения объёма осадка от температуры замораживания



Зависимость изменения удельного сопротивления фильтрации осадка от температуры замораживания



Зависимость изменения замасленности осадка от температуры замораживания



Зависимость изменения влажности осадка от температуры замораживания

БР-08.03.01.06-2016						
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт						
Изм.	Колуч	Лист	Ирдок	Подп.	Дата	
Разраб.	Селезнева					
Консулт.	Халтурина					
Руков.	Халтурина					
Н.контр.	Халтурина					
Зав.каф.	Сакаш					
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод				Студия	Лист	Листов
Исследование свойств осадка в зависимости от условий замораживания				у	4	10
				ИСЗиС		

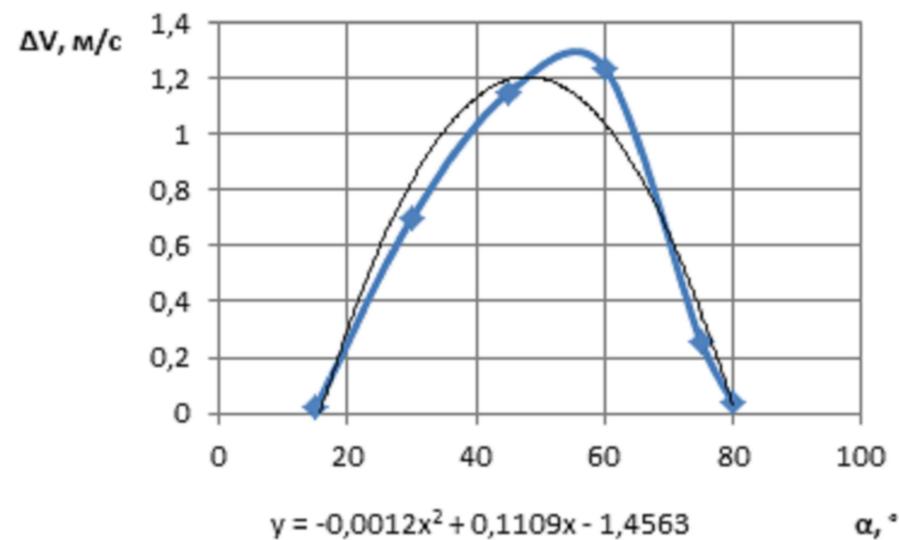
# Исследование свойств осадка в зависимости от угла наклона элерона

Данные по изменению скорости ветра

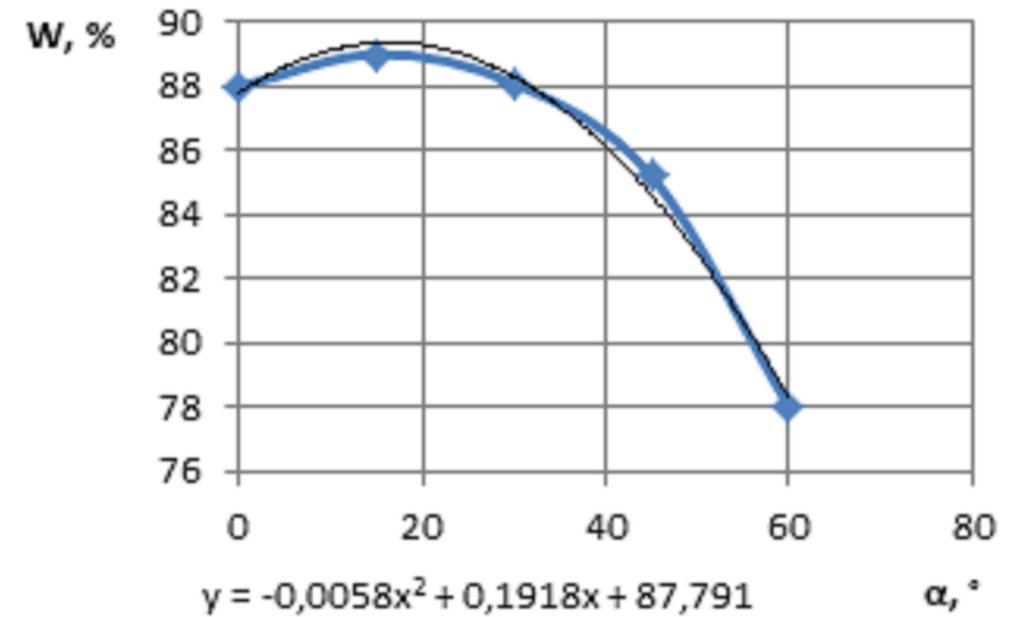
$\alpha, ^\circ$	$t, ^\circ\text{C}$	$V_{\text{атм}}, \text{м/с}$	$V_{\text{элэр}}, \text{м/с}$	$\Delta V, \text{м/с}$
15	-15	1,98	2	0,02
30	-9	1,55	2,25	0,7
45	-8	1,02	2,17	1,15
60	-6	1,64	2,88	1,24
75	-4	1,98	2,24	0,26
80	-4	2,6	2,64	0,04

Исследование влияния угла поворота плоскости на водоотдающие свойства осадка

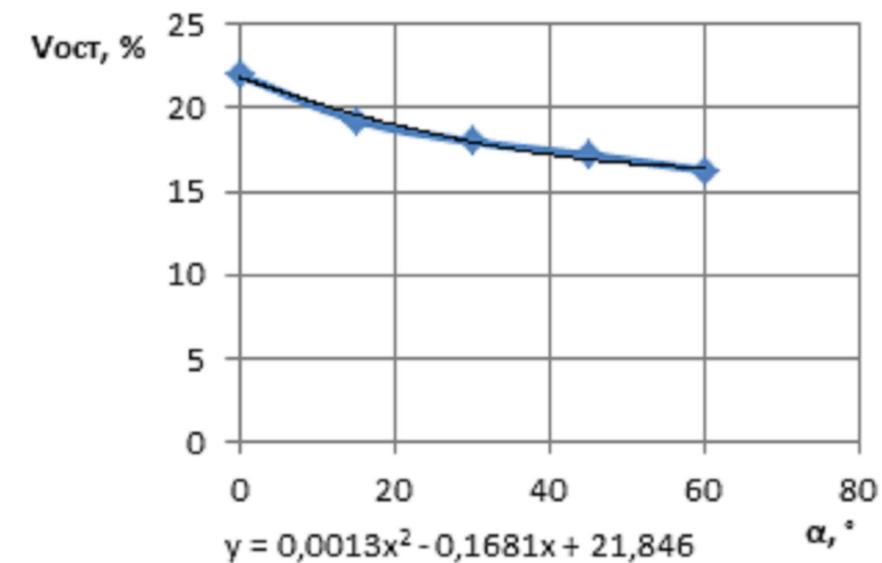
$t = -10 ^\circ\text{C}$						
$\alpha, ^\circ$	Исходный осадок	0	15	30	45	60
$W, \%$	99	88	89	88,1	85,2	78
$V_{\text{ост.}}, \%$	100	22	19,3	18	17,2	16,3
$\Delta V, \text{м/с}$	-	0	0,02	0,7	0,15	1,24



Изменение скорости ветра в зависимости от угла наклона элерона



Изменение влажности осадка в зависимости от угла наклона элерона



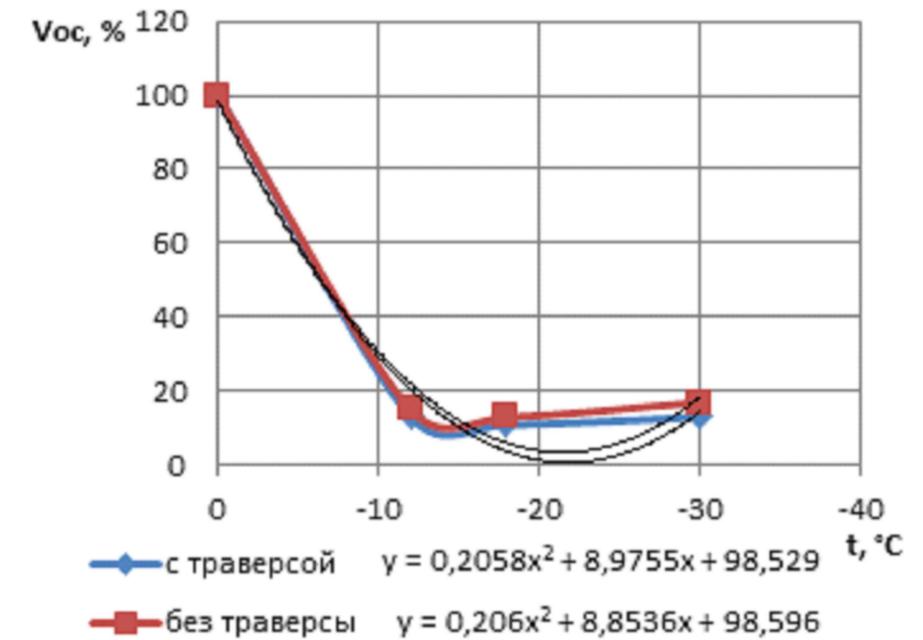
Изменение остаточного объема осадка в зависимости от угла наклона элерона

БР-08.03.01.06-2016					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	№ док	Подп.	Дата
Разраб.	Селезнева				
Консулт.	Халтурина				
Руков.	Халтурина				
Н.контр.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод				Стадия	Лист
Исследование свойств осадка в зависимости от угла наклона элерона				у	5
				Листов	10
				ИСЗиС	

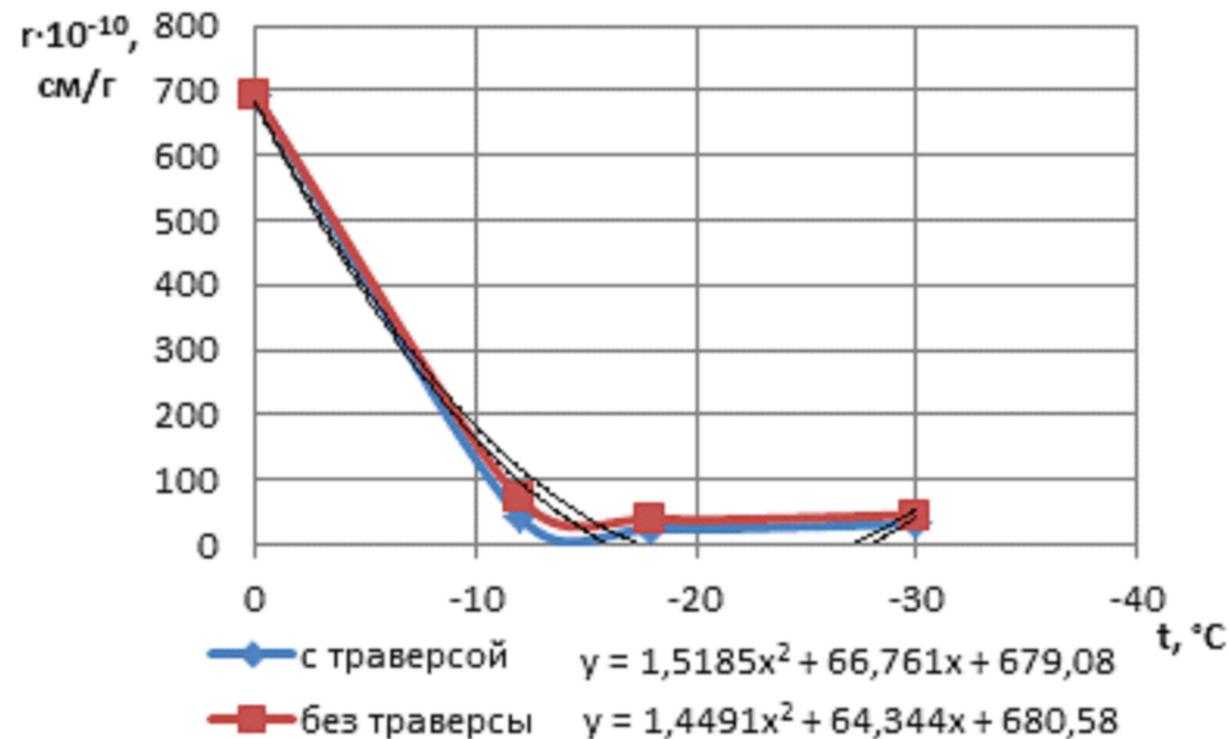
# Исследование свойств осадка при оборудовании траверсой

Исследования замораживания осадка при оборудовании установки траверсой

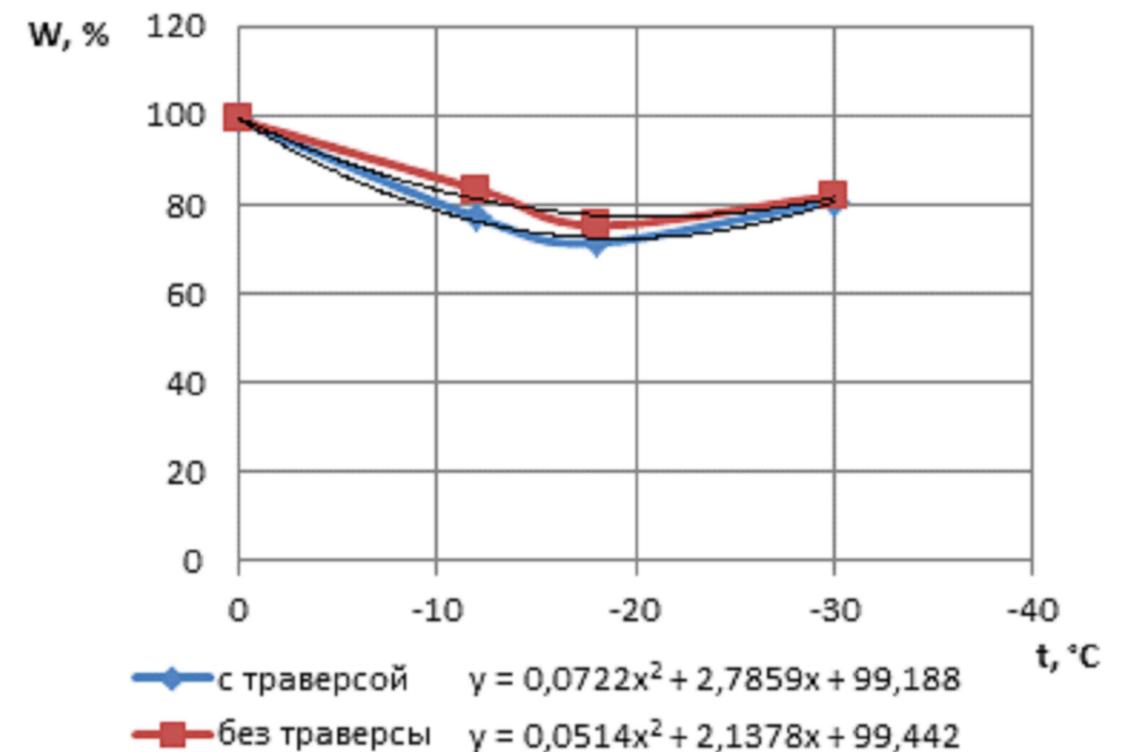
Температура замораживания	Исходный осадок	-12 °С		-18 °С		-30 °С	
		С траверсой	-	С траверсой	-	С траверсой	-
Влажность, %	99	77,1	83,4	71,5	75,4	80,8	82
Объем осадка, %	100	13,1	15	11	13	13	17
Удельное сопротивление осадка, $10^{-10}$ см/г	690	42	70	24	39	32	45



Изменение объёма осадка от температуры замораживания



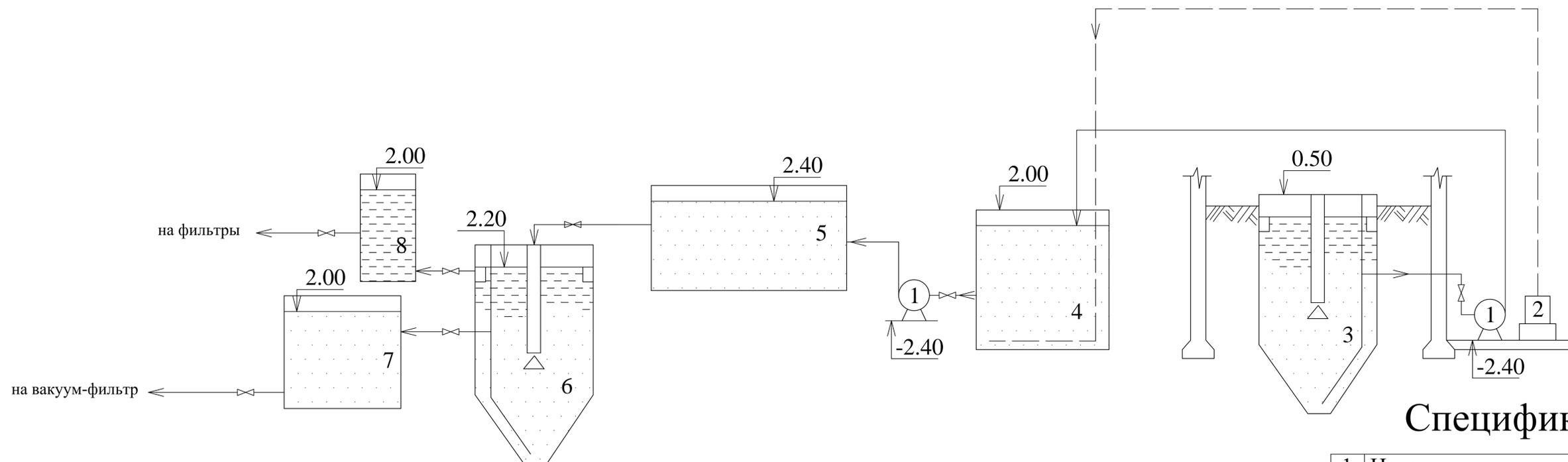
Зависимость удельного сопротивления осадка от температуры замораживания



Зависимость влажности осадка от температуры замораживания

БР-08.03.01.06-2016				
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.
Разраб.	Селезнева			
Консулт.	Халтурина			
Руков.	Халтурина			
Н.контр.	Халтурина			
Зав.каф.	Сакаш			
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод			Стадия	Лист
			у	6
Исследование свойств осадка при оборудовании траверсой			Листов	10
			ИСЗиС	

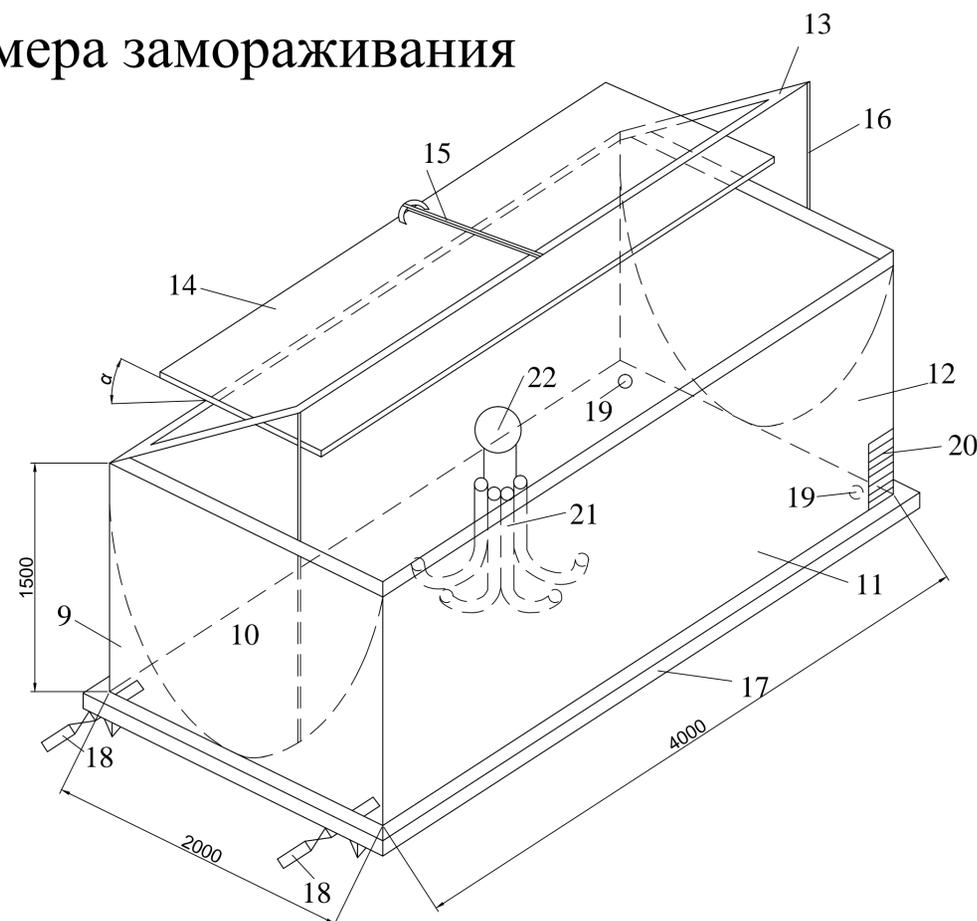
# Технологическая схема криогенной обработки осадка



## Спецификация

1	Насос
2	Воздуходувка
3	Шламонакопитель
4	Резервуар-усреднитель
5	Камера замораживания
6	Вертикальный отстойник
7	Резервуар для сбора осадка
8	Резервуар для сбора воды
9	Передвижной резервуар
10	Полуцилиндрическая рабочая камера
11	Боковые стенки
12	Гидроотсеки
13	Щит
14	Плоскость-элерон
15	Система подъёма щита
16	Система установки щита
17	Торцевые стенки
18	Патрубки подачи горячей воды
19	Патрубки сброса горячей воды
20	Термодатчик
21	Траверса
22	Монтажная петля

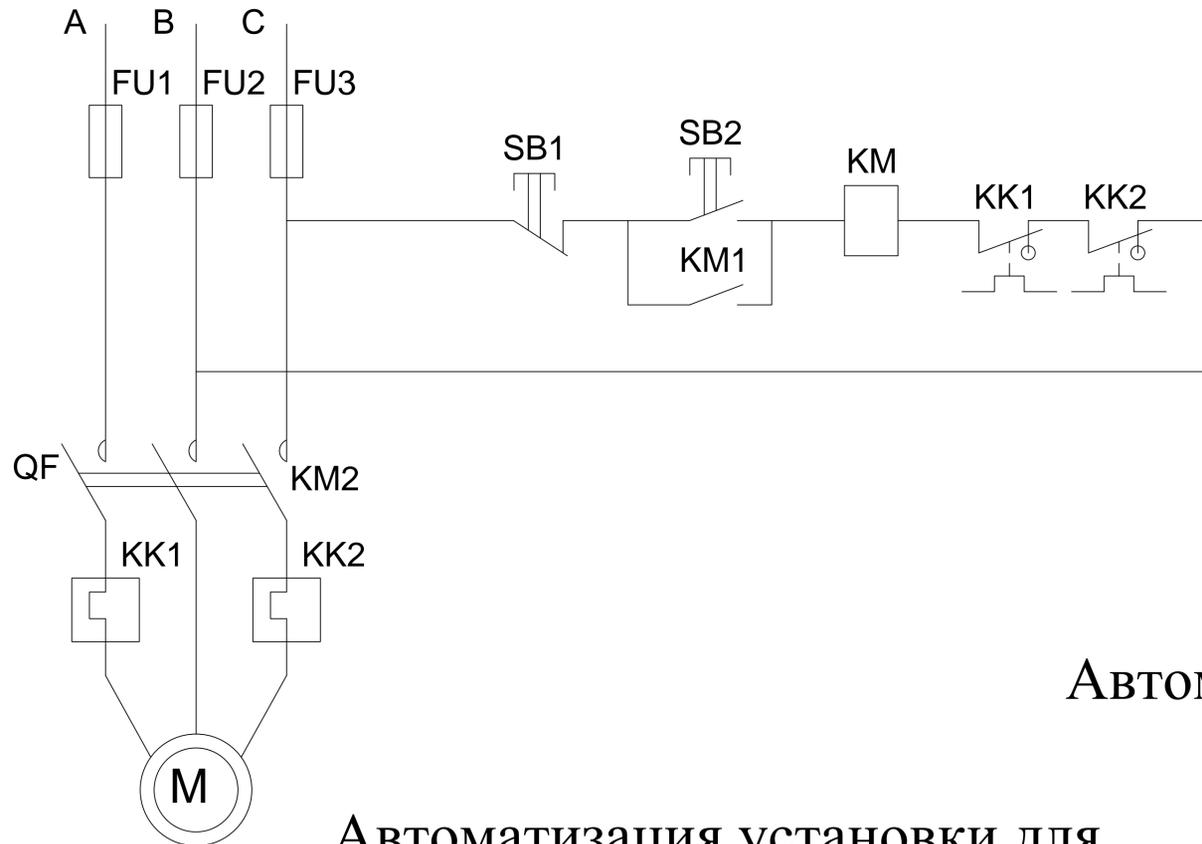
## Камера замораживания



					БР-08.03.01.06-2016				
					Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт				
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Селезнева						у	7	10
Консульт.	Халтурина								
Руков.	Халтурина					Технологическая схема криогенной обработки осадка			ИСЗиС
Н.контр.	Халтурина								
Зав.каф.	Сакаш								



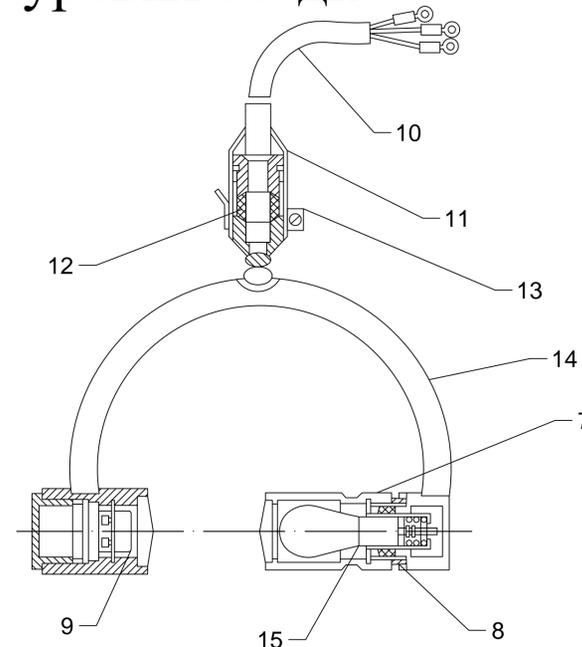
## Схема управления электродвигателем



## Автоматизация установки для обезвоживания осадка



## Автоматический сигнализатор уровня осадка



## Условные обозначения



## Спецификация

1	Датчик углового положения плоскости
2	Датчик высотного положения плоскости
3	Датчик скорости ветра
4	Датчик температуры
5	Блок управления
6	Дискретные гидравлические приводы
7	Защитный кожух
8	Прокладка
9	Фоторезистор
10	Кабель
11	Чехол
12	Сальниковый ввод
13	Хомут
14	Корпус
15	Осветительная лампа

Пат. 132067 RU, МПК C02F11/20. Установка для обезвоживания осадка сточных вод / Т. И. Халтурина, А. С. Климов, О. Л. Климова; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». - № 2013111711/05; заявл. 15.03.2013; опубликовано 10.09.2013, Бюл. №25.

						БР-08.03.01.06-2016			
						Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт			
Изм.	Колуч	Лист	№док	Подп.	Дата	Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод	Стадия	Лист	Листов
Разраб.	Селезнева						у	9	10
Консулт.	Халтурина								
Руков.	Халтурина								
Н.контр.	Халтурина					Автоматизация			ИСЗиС
Зав.каф.	Сакаш								

# Технико-экономическое обоснование

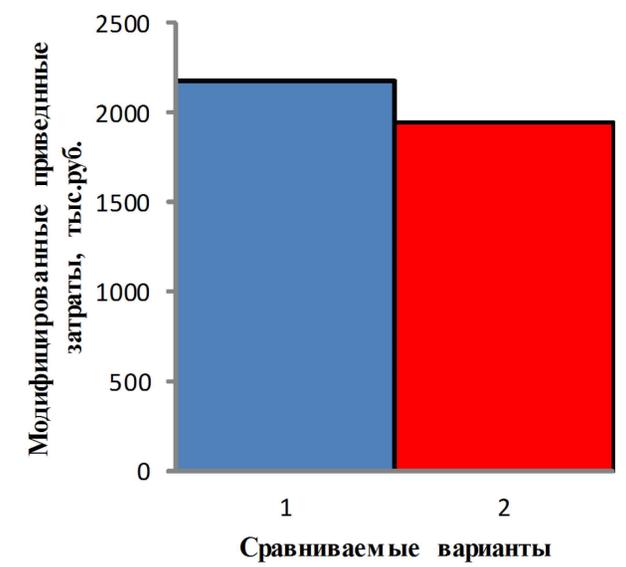
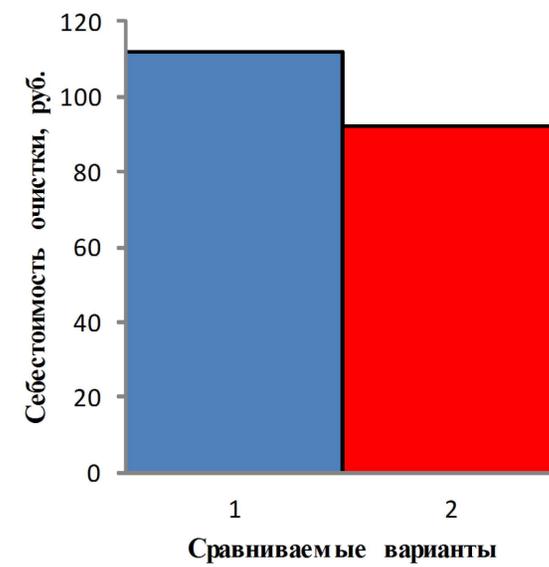
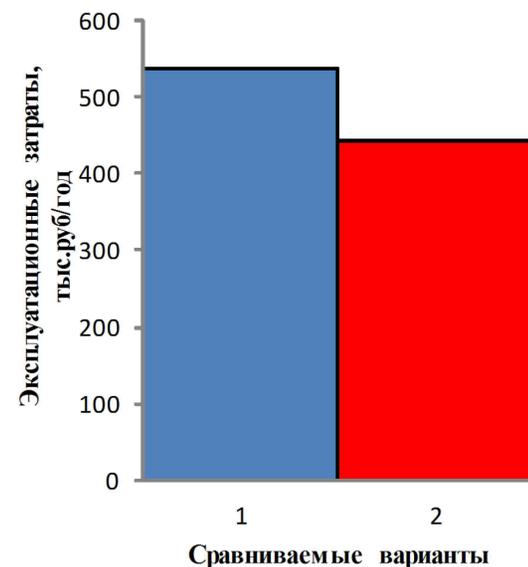
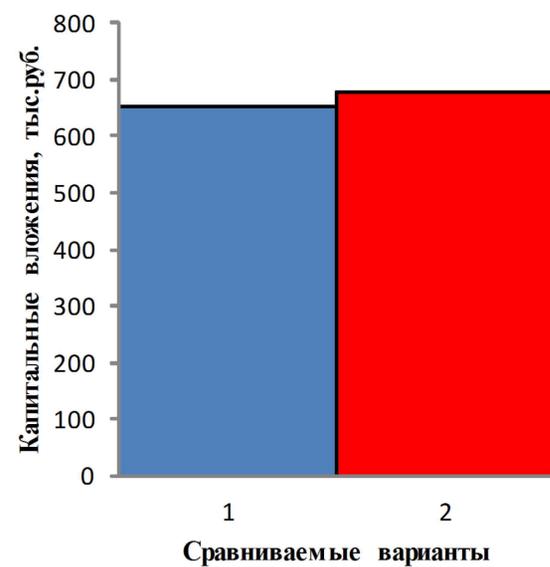
Технико-экономическое сравнение вариантов по выбору метода обработки осадка

Наименование	Ед. изм.	Варианты	
		1	2
Капитальные вложения	тыс. руб	653,92	676,22
Амортизационные отчисления	тыс. руб/год	65,39	67,62
Эксплуатационные затраты	тыс. руб/год	536,44	443,99
Приведённые затраты	тыс. руб	641,07	552,19
Себестоимость обработки осадка	руб/м <sup>3</sup>	112,00	92,00
Модифицированные приведенные затраты	тыс. руб	2182,36	1942,6

1 - Технологическая схема кондиционирования осадка при электрокоагуляционной обработке

2 - Технологическая схема кондиционирования осадка при криогенной обработке

Гистограммы изменения экономических показателей сравниваемых вариантов обработки осадка



БР-08.03.01.06-2016					
Сибирский федеральный университет Инженерно-строительный институт					
Изм.	Колуч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	Селезнева				
Консульт.	Категорская				
Руков.	Халтурина				
Н.контр.	Халтурина				
Зав.каф.	Сакаш				
Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод				Стадия	Лист
				у	10
Технико-экономическое обоснование				Листов	10
				ИСЗиС	

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Сибирский федеральный университет»

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

660049, Красноярск, пр. Свободный ,79/10, тел.(3912) 2-912-820, факс (3912) 2-912-773  
E-mail: bik@sfu-kras.ru

ОТЧЕТ

о результатах проверки в системе «АНТИПЛАГИАТ»

Автор: Селезнева Виктория Александровна

Заглавие: Разработка рациональной технологии обработки осадков сточных вод

Вид документа: Выпускная квалификационная работа бакалавра

По результатам проверки оригинальный текст составляет 80,03%

Источник	Коллекция / модуль поиска	Ссылка на источник	Доля в отчете	Доля в тексте
Чурбакова, Ольга Викторовна диссертация ... кандидата техн ических наук : 05.23.04 Новос ибирск 2001	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002278000/rsl01002278185/rsl01002278185.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/ rsl01002278000/rsl01002278185 /rsl01002278185.pdf</a>	2,06	7,49
Хомутова, Юлия Викторовна диссертация ... кандидата техн ических наук : 05.23.04 Новос ибирск 2005	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002852000/rsl01002852325/rsl01002852325.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/ rsl01002852000/rsl01002852325 /rsl01002852325.pdf</a>	2,64	5,51
Руденко, Татьяна Михайловна диссертация ... кандидата тех нических наук : 05.23.04 Ново сибирск 2008	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004248000/rsl01004248330/rsl01004248330.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/ rsl01004248000/rsl01004248330 /rsl01004248330.pdf</a>	0,69	2,4
Курилина, Татьяна Александр овна диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Н овосибирск 2010	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004639000/rsl01004639059/rsl01004639059.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/ rsl01004639000/rsl01004639059 /rsl01004639059.pdf</a>	0,45	1,98
Евстигнеев, Вячеслав Викторо вич диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.01, 05 .23.04 Красноярск 2012	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005456000/rsl01005456904/rsl01005456904.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/ rsl01005456000/rsl01005456904 /rsl01005456904.pdf</a>	0,13	0,57
Приймак, Лилия Владимировн а диссертация ... кандидата тех нических наук : 05.23.04 Крас ноярск 2012	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005498000/rsl01005498755/rsl01005498755.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/ rsl01005498000/rsl01005498755 /rsl01005498755.pdf</a>	0,06	0,44
Осинцева, Наталия Викторовна диссертация ... кандидата педа гогических наук : 13.00.08 Ом ск 2000	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01000000000/rsl01000239000/rsl01000239713/rsl01000239713.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01000000000/ rsl01000239000/rsl01000239713 /rsl01000239713.pdf</a>	0	0,36
Савельева, Лариса Николаевна диссертация ... кандидата тех нических наук : 05.23.04 Ново сибирск 2003	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002617000/rsl01002617143/rsl01002617143.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/ rsl01002617000/rsl01002617143 /rsl01002617143.pdf</a>	0,14	0,14
Чолоян, Салим Бахшоевич дис сертация ... доктора медицинс ких наук : 14.00.33 Санкт-Пете рбург 2005	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/rsl01004071000/rsl01004071525/rsl01004071525.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01004000000/ rsl01004071000/rsl01004071525 /rsl01004071525.pdf</a>	0	0,13

Источник	Коллекция / модуль поиска	Ссылка на источник	Доля в отчете	Доля в тексте
Кубаткина, Наталья Владимировна диссертация ... кандидата технических наук : 05.14.16 Орел 2000	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000/rsl01000259000/rsl01000259364/rsl01000259364.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000/rsl01000259000/rsl01000259364/rsl01000259364.pdf</a>	0,11	0,11
Шамян, Варужан Леонович диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Москва 2000	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000/rsl01000313000/rsl01000313210/rsl01000313210.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl0100000000/rsl01000313000/rsl01000313210/rsl01000313210.pdf</a>	0	0,09
Иканина, Елена Васильевна диссертация ... кандидата химических наук : 02.00.04 Екатеринбург 2013	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rsl01006766000/rsl01006766697/rsl01006766697.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01006000000/rsl01006766000/rsl01006766697/rsl01006766697.pdf</a>	0,08	0,08
Макарова, Елена Игоревна диссертация ... доктора технических наук : 03.02.08 Москва 2012	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005518000/rsl01005518485/rsl01005518485.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005518000/rsl01005518485/rsl01005518485.pdf</a>	0,02	0,07
Алексеев, Станислав Евгеньевич диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Москва 2005	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002936000/rsl01002936086/rsl01002936086.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002936000/rsl01002936086/rsl01002936086.pdf</a>	0	0,07
Царев, Николай Сергеевич диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Екатеринбург 2012	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005512000/rsl01005512469/rsl01005512469.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005512000/rsl01005512469/rsl01005512469.pdf</a>	0,07	0,07
Филин, Владимир Александрович диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04, 25.00.36 Нижний Новгород 2004	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002628000/rsl01002628531/rsl01002628531.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002628000/rsl01002628531/rsl01002628531.pdf</a>	0,07	0,07
Жвакина, Оксана Анатольевна диссертация ... кандидата технических наук : 05.21.03 Архангельск 2002	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002326000/rsl01002326728/rsl01002326728.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002326000/rsl01002326728/rsl01002326728.pdf</a>	0	0,06
Урванцева, Марина Игоревна диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Новосибирск 2011	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005111000/rsl01005111383/rsl01005111383.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01005000000/rsl01005111000/rsl01005111383/rsl01005111383.pdf</a>	0	0,05
Курочкин, Евгений Юрьевич диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.04 Томск 2007	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002608000/rsl01002608932/rsl01002608932.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01002000000/rsl01002608000/rsl01002608932/rsl01002608932.pdf</a>	0	0,03
Винокурова, Татьяна Евгеньевна диссертация ... кандидата технических наук : 25.00.36 Нижний Новгород 2007	disser.rsl	<a href="http://dlib.rsl.ru/rsl01003000000/rsl01003321000/rsl01003321593/rsl01003321593.pdf">http://dlib.rsl.ru/rsl01003000000/rsl01003321000/rsl01003321593/rsl01003321593.pdf</a>	0,03	0,03
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#4">http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#4</a>	8,09	8,09
Управление технологическими процессами и технологические параметры. Курсовая работа (Т). Читать текст online -	internet	<a href="http://bibliofond.ru/view.aspx?id=652761#1">http://bibliofond.ru/view.aspx?id=652761#1</a>	1,91	1,91

Источник	Коллекция / модуль поиска	Ссылка на источник	Доля в отчете	Доля в тексте
1.Задача автоматизации объектов химической промышленности - Шпоры - автоматизация химических процессов - 1.doc	internet	<a href="http://www.studmed.ru/docs/document26778/%D1%88%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%8B-%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2">http://www.studmed.ru/docs/document26778/%D1%88%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%8B-%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2</a>	0,16	1,42
Основные термины и понятия курса автоматизация — allRefs.net	internet	<a href="http://allrefs.net/c48/4cbee/p1/">http://allrefs.net/c48/4cbee/p1/</a>	0,88	1,22
Разработка эффективной технологии очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты	internet	<a href="http://www.dslib.net/vodosnabzhenie/razrabotka-jeffektivnoj-tehnologii-ochistki-stochnyh-vod-soderzhawih-nefteprodukty.html">http://www.dslib.net/vodosnabzhenie/razrabotka-jeffektivnoj-tehnologii-ochistki-stochnyh-vod-soderzhawih-nefteprodukty.html</a>	0	1,05
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34727/?download=1#3">http://bib.convdocs.org/v34727/?download=1#3</a>	0,02	0,95
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#1">http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#1</a>	0,06	0,67
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#2">http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#2</a>	0,41	0,5
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34726/?download=1#7">http://bib.convdocs.org/v34726/?download=1#7</a>	0,3	0,5
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#3">http://bib.convdocs.org/v34729/?download=1#3</a>	0,03	0,49
Библиотека НЕФТЬ-ГАЗ: Предложения в тексте с термином "Контакт"	internet	<a href="http://www.avto.oglib.ru/bgl/9715/127.html">http://www.avto.oglib.ru/bgl/9715/127.html</a>	0,46	0,46
Пособие к СНиП 2.04.02-84 - Составление технико-экономической части проектов внеплощадочных систем водоснабжения и канализации.	internet	<a href="http://snipov.net/c_4646_snip_107501.html">http://snipov.net/c_4646_snip_107501.html</a>	0,01	0,34
	internet	<a href="http://window.edu.ru/resource/888/36888/files/stup114.pdf">http://window.edu.ru/resource/888/36888/files/stup114.pdf</a>	0,34	0,34
Вестник АДФ №2. 2012	internet	<a href="http://pstu.ru/files/file/oksana/2012/novosti/may/vestnik_adf_2_2012.pdf">http://pstu.ru/files/file/oksana/2012/novosti/may/vestnik_adf_2_2012.pdf</a>	0,33	0,33
Расчет годовых эксплуатационных расходов	internet	<a href="http://lektsii.net/1-90947.html">http://lektsii.net/1-90947.html</a>	0	0,33
Скачать/bestref-189280.doc	internet	<a href="http://bestreferat.ru/archives/80/bestref-189280.zip">http://bestreferat.ru/archives/80/bestref-189280.zip</a>	0,18	0,18
	internet	<a href="http://bib.convdocs.org/v34726/?download=1#8">http://bib.convdocs.org/v34726/?download=1#8</a>	0	0,16
	internet	<a href="http://window.edu.ru/resource/881/36881/files/stup107.pdf">http://window.edu.ru/resource/881/36881/files/stup107.pdf</a>	0,13	0,13

Источник	Коллекция / модуль поиска	Ссылка на источник	Доля в отчете	Доля в тексте
Интенсификация обезвоживания гидроокисных осадков сточных вод металлообрабатывающих предприятий диссертация по строительству, скачайте бесплатно автореферат диссертации на тему 'Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов'	internet	<a href="http://tekhnosfera.com/intensifikatsiya-obezhivaniya-gidrookisnyh-osadkov-stochnyh-vod-metalloobrabatuyvayuschih-predpriya">http://tekhnosfera.com/intensifikatsiya-obezhivaniya-gidrookisnyh-osadkov-stochnyh-vod-metalloobrabatuyvayuschih-predpriya</a>	0,1	0,1
	internet	<a href="http://www.sibstrin.ru/uploads/dissertation/4094083.rar">http://www.sibstrin.ru/uploads/dissertation/4094083.rar</a>	0	0,1

Частично оригинальные блоки: 19,97%

Оригинальные блоки: 80,03%

Заимствование из белых источников: 0%

Итоговая оценка оригинальности: 80,03%

Подготовлено автоматически с помощью системы «Антиплагиат»

дата: 20.06.2016