

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

Е.В. Купчинская  
Ю.А. Горбатенко  
Т.А. Мельник

# **КУРСОВОЕ И ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

Методические указания  
для студентов очной, заочной  
и очно-заочной форм обучения.  
по специальностям 280201 «Охрана окружающей среды  
и рациональное использование природных ресурсов»,  
280202 «Инженерная защита окружающей среды»

Екатеринбург  
2009

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ФХТЗБ, протокол № 2 от 01.10.08 г.

Рецензент – Первова И.Г., профессор кафедры физико-химической технологии защиты биосферы д-р хим. наук.

Редактор А.Л. Ленская  
Оператор Г.И. Романова

---

Подписано в печать 20.04.09

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16

Печ. л. 2,79

Плановый резерв

Тираж 100 экз.

Цена 9 руб. 40 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Задачи курсового и дипломного проектирования .....	4
1. Состав и содержание курсового и дипломного проектов .....	5
2. Инструкция по подготовке курсовых и дипломных проектов (работ) в высших учебных заведениях .....	5
3. Расчетно-пояснительная записка .....	7
3.1. Структура РПЗ .....	7
3.2. Краткая характеристика разделов РПЗ .....	8
3.3. Оформление РПЗ .....	12
4. Требования к дипломным проектам с исследовательской частью	15
5. Требования к дипломной работе по оценке воздействия производственной деятельности промышленного предприятия на окружающую среду .....	17
6. Работа над курсовым и дипломным проектами (работами) .....	19
7. Порядок сдачи и защита дипломных проектов (работ) .....	19
Библиографический список .....	20
Приложения .....	21

## ВВЕДЕНИЕ

### ЗАДАЧИ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект по специальности и дипломный проект являются завершающими этапами подготовки инженера. Качество их выполнения позволяет судить о квалификации будущего инженера. Кроме грамотного решения специальных задач будущий инженер обязан показать необходимые знания в вопросах химии и химической технологии.

Защита дипломного проекта является для будущего инженера главным экзаменом на зрелость.

В работе над курсовым и дипломным проектами (работами) студент должен не только выявить степень и глубину усвоения теоретических и прикладных дисциплин, но и показать способность и умение творчески и самостоятельно решать конкретные инженерно-технические или научные вопросы, непосредственно связанные с его будущей работой.

Особо следует подчеркнуть ценность выполнения будущим инженером научно-исследовательских работ в лабораторных и промышленных условиях, результаты которых войдут составной частью в дипломный проект или составят основу дипломной работы.

Курсовой и дипломный проекты выполняются после прохождения практики на заводе или в исследовательских лабораториях, где студент в соответствии с программой изучает производство, постановку и ведение научных исследований и собирает весь необходимый материал к теме проекта (работы). Отдельные конкретные вопросы и решения по теме проекта, которые необходимо проработать на производстве, в лаборатории, уточняются руководителями проекта и практики при выдаче задания или непосредственно на месте практики.

Время, отведенное на преддипломную практику, является частью того времени, которым располагает студент для выполнения дипломного проекта. Поэтому задачей студента в период практики является не только изучение производства, отдельных процессов, конструкции оборудования и проведение экспериментальных работ, но и подбор на предприятии основных научных, технологических и конструктивных материалов, которые будут положены в основу проекта.

Непосредственно работая над проектом в институте, студент с помощью руководителя проекта и консультантов по отдельным разделам развивает и уточняет материалы и данные, полученные на месте прохождения практики (что не исключает возможности изменения первоначальных решений), и доводит проект до завершения в объеме, необходимом для представления на кафедре, с последующей защитой на заседании Государственной аттестационной комиссии (ГАК).

Одним из основных современных требований, предъявляемых к курсовому и дипломному проектированию, является его связь с реальными задачами народного хозяйства.

## 1. СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО И ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТОВ

Курсовой и дипломный проекты состоят из расчетно-пояснительной записки, выполненной на листах формата А4, и чертежей стандартного образца. Количество чертежей для курсового проекта – 2, а для дипломного – 8-12. В ряде случаев часть или все чертежи могут быть заменены макетами, действующими моделями, таблицами, графиками и т.п.

В Записке к курсовому и дипломному проектам подробно освещается широкий круг вопросов, касающихся технико-экономических и социальных посылок проекта, технологических и механических расчетов.

Графическая часть должна давать ясное представление о предлагаемой технологии, конструкции аппаратов, их расположении.

Если тема дипломного проекта связана с исследовательской работой, то ее освещению в «Записке» отводится преимущественное место, о чем подробно сказано в главе 4.

## 2. ИНСТРУКЦИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ КУРСОВЫХ И ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

2.1. Тематика курсовых и дипломных проектов (работ) должна быть актуальной, соответствовать современному состоянию и перспективам развития науки, техники и культуры. При выборе тематики рекомендуется учитывать реальные задачи народного хозяйства, науки и культуры. Тематика курсовых и дипломных проектов (работ) рассматривается и утверждается советом факультета. Темы курсовых и дипломных проектов (работ) определяются выпускающими кафедрами.

2.2. Студентам предоставляется право выбора темы курсового и дипломного проектов (работ). Студент может предложить свою тему для курсового и дипломного проекта (работы) с необходимым обоснованием целесообразности ее разработки.

В соответствии с темой курсового и дипломного проектов руководитель проекта (работы) выдает студенту задание по изучению объекта практики и по сбору материала для проектирования. Одновременно студенту выдается задание на курсовой и дипломный проект (работу), составленное руководителем и утвержденное зав. кафедрой с указанием срока окончания. Это задание подшивается к курсовому и дипломному проектам.

2.3 Курсовой и дипломный проекты (работы) выполняются на основе глубокого изучения литературы по специальности (учебников, учебных пособий, монографий, периодических изданий).

2.4. Пояснительная записка к курсовому и дипломному проектам (работам) должна в краткой и четкой форме раскрыть творческий замысел проекта (работы), содержать расчеты, описание проведенных экспериментов, их анализ и выводы по ним и при необходимости сопровождаться иллюстрациями, графиками, таблицами и т.п.

Пояснительная записка должна быть отпечатана на компьютере.

2.5. Студент может по рекомендации кафедры представить дополнительно краткое содержание дипломного проекта (работы) на одном из иностранных языков, которое оглашается на защите и может сопровождаться вопросами к студенту на этом языке.

2.6. Перед началом выполнения дипломного проекта (работы) студент должен разработать календарный график работы на весь период с указанием очередности выполнения отдельных этапов и после одобрения руководителем представить на утверждение заведующему кафедрой.

2.7. В установленные деканом сроки студент отчитывается перед руководителем, который фиксирует степень готовности проекта (работы) и сообщает об этом декану факультета.

2.8. За принятые в курсовом и дипломном проектах (работах) решения и правильность всех данных отвечает студент – автор проекта (работы).

2.9. Законченный дипломный проект (работа), подписанный студентом и консультантами, представляется руководителю. После просмотра и одобрения дипломного проекта (работы) руководитель подписывает его (ее) и вместе со своим письменным отзывом представляет заведующему кафедрой. В отзыве должна быть характеристика проделанной работы по всем разделам проекта (работы). Заведующий кафедрой на основании этих материалов решает вопрос о допуске студента к защите дипломного проекта (работы). Этот вопрос рассматривается на заседании кафедры с участием руководителя. Протокол заседания кафедры представляется через декана факультета ректору вуза.

2.10. Дипломный проект (работа), допущенный к защите, направляется на рецензию.

2.11. Дипломный проект (работа) после защиты хранится в вузе. Дипломанту разрешается снять копию со своего проекта (работы).

## 3. РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### 3.1. Структура РПЗ

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ) является основной частью курсового и дипломного проектов. В ней приводятся необходимый литературный обзор, все расчеты, методика и результаты исследовательских и теоретических работ.

Расчетно-пояснительную записку **к курсовому проекту** рекомендуется оформлять в следующем порядке.

Титульный лист (см. приложение 1).

Реферат (см. приложение 2).

Содержание (см. приложение 3).

Введение.

1. Обоснование проекта и постановка задачи.
2. Выбор и обоснование технологической схемы.
3. Описание предлагаемой (реконструированной) технологической схемы.

4. Расчет материального баланса.

5. Расчет теплового баланса.

6. Расчет основного аппарата.

Заключение.

Список использованных источников.

Расчетно-пояснительную записку **к дипломному проекту (работе)** рекомендуется оформлять в следующем порядке.

Титульный лист (см. приложение 4).

Тема выпускной квалификационной работы (см. приложение 5).

Задание на выпускную квалификационную работу выпускника (заполняется преподавателем) (см. приложение 6).

Реферат (см. приложение 2).

Содержание (см. приложение 3).

Введение.

1. Технологическая часть.
  - 1.1. Обоснование проекта и постановка задачи.
  - 1.2. Выбор и обоснование технологической схемы.
  - 1.3. Описание предлагаемой (реконструированной) технологической схемы.

1.4. Расчет материального баланса.

1.5. Расчет теплового баланса.

1.6. Расчет основного и выбор вспомогательного оборудования.

2. Технико-экономический расчет.

3. Экологическая оценка проекта.

4. Безопасность проекта.
  5. Контроль и автоматизация технологического процесса.
- Заключение.  
Список использованных источников.  
Приложение.  
Ведомость дипломного проекта (см. приложение 7).

## 3.2. Краткая характеристика разделов РПЗ

### ***Введение***

Введение должно кратко характеризовать современное состояние вопроса, решаемого в дипломном проекте. Во введении следует четко сформулировать, в чем заключается актуальность работы, ее значимость для народного хозяйства страны. Во введении должна быть четко сформулирована цель проекта. Объем введения 1,0 - 1,5 стр.

### ***Технологическая часть***

1. Обоснование проекта и постановка задачи. Данный раздел включает в себя следующие подразделы.

1.1. Краткая характеристика предприятия (юридический и фактический адрес, место размещения относительно других объектов, основная сфера деятельности, номенклатура выпускаемой продукции, основные источники загрязнения окружающей природной среды).

1.2. Климатическая характеристика района размещения предприятия (класс опасности предприятия, размер санитарно-защитной зоны, метеорологические характеристики и коэффициенты, фоновые концентрации загрязняющих веществ).

1.3. Описание существующей технологической схемы очистки

В данном подразделе студент должен последовательно описать все технологические стадии очистки, указав назначение каждой операции (аппарата), сущность протекающих процессов и принцип работы оборудования, показать необходимость проектирования новой технологии обезвреживания выбросов, либо их переработки с получением ценных продуктов или полупродуктов, либо реконструкции существующей технологии с целью снижения или полного прекращения выбросов и т.д.

Технологическая схема должна быть выполнена на отдельном листе формата А4 в соответствии с требованиями РТМ 26-79-72 с указанием основного (аппараты) и вспомогательного (трубопроводная арматура, элементы гидравлических сетей и т.д.) оборудования. К технологической схеме на отдельном листе прилагаются таблицы условных обозначений.

Пример оформления технологической схемы и таблиц условных обозначений приведен в приложении 8.

Графические упрощенные изображения основных аппаратов представлены в приложении 9.

В соответствии с обоснованием проекта ставятся задачи проектирования. Формулировка задач должна быть краткой, четкой и давать ясное представление о направленности проектной разработки.

## 2. Выбор и обоснование технологической схемы.

Выбор и обоснование технологической схемы проекта проводятся на основе анализа действующих производств и описанных в литературе технологий для данной отрасли промышленности или для близких по химическим и физическим свойствам выбросов. Варианты различных схем сравниваются между собой с учетом перспективы развития данного производства, его характерных особенностей и делается выбор лучшего из них.

Основные критерии выбора следующие:

- степень обезвреживания выбросов;
- степень утилизации ценных компонентов;
- качество продуктов переработки отходов;
- количество операций в технологическом процессе;
- обеспечение безотходной технологии или сведение к минимуму отходов при переработке производственных отходов;
- ассортимент реагентов, их доступность, удобство транспортировки и хранения;
- возможность механизации и автоматизации всех производственных процессов;
- условия труда и техники безопасности, ориентировочные затраты на получение единицы продукта (или м<sup>3</sup> очищенной воды, воздуха).

Значительно повысит ценность проведенного обоснования технико-экономическое сравнение различных вариантов технологических схем. В этом случае экономическое обоснование проводится путем ориентировочного расчета, позволяющего с достаточной для практики точностью определить лучший вариант. Подобный же расчет делается для окончательно выбранного варианта или для двух вариантов, преимущества которых трудно установить с помощью ориентировочных подсчетов.

Весьма часто выбор технологической схемы определяется наименьшей себестоимостью. Однако это не исключает выбор более дорогого варианта, например, при использовании более современного и перспективного оборудования вместо дешевого старого, малонадежного и малопродуктивного. В этом случае студент должен дать полное обоснование выбранной технологии.

## 3. Описание предлагаемой (реконструированной) технологической схемы.

В описании должны последовательно и подробно описываться все стадии процесса, представляющие самостоятельные операции запроектованной технологии. При описании технологических операций следует указывать:

- назначение операции;
- физико-химические основы процесса;
- технологический режим;
- характеристики продуктов, образующихся на этой операции;
- аппаратное оформление операций.

Технологическая схема и таблицы условных обозначений должны быть выполнены в соответствии с требованиями РТМ 26-79-72 (см. приложения 8 и 9).

#### 4. Расчет материального баланса.

В задачу материального расчета входит выявление потребного для заданной производительности количества реагентов, пара, воды, оборотных продуктов, отходов разрабатываемой технологии.

Расчет составляется в целом по всей технологии для производительности в единицу времени. Прежде всего определяются затраты материалов точно по стехиометрическим соотношениям. А затем проводят физико-химический анализ технологических потерь и вводят поправку с учетом выявленного расходного коэффициента. Расчет материального баланса сводится к следующему.

Для каждой операции записываются исходные данные для расчета. К числу их можно отнести химический состав исходного материала или продукта предыдущей стадии процесса, поступающих на данную операцию, потери основных компонентов на операции (отношение Ж:Т при сгущении или репульпации), влажность осадков после фильтрации расход воды на промывку и т.д., технологические условия проведения операций (температура процесса, давление, избыточная кислотность, избыточная щелочность и т.д.), продолжительность операции. Все указанные данные берутся из производственного отчета, из литературных источников или из результатов научно-исследовательских работ.

После выписки исходных данных производится расчет расхода применяемых на операции реагентов. Здесь же проводятся расчет количества получающихся продуктов и их химический состав.

Затем составляется таблица материального баланса каждой операции, сводного материального баланса, а при извлечении ценных компонентов – баланса по этим компонентам.

Примеры расчетов материальных балансов (циклонной установки, сухого искрогасителя, процесса отстаивания и фильтрования сточных вод, обезвоживания осадка на фильтр-прессе) приводятся в приложении 10.

Материальный расчет является одним из важнейших разделов курсового и дипломного проектов, так как на нем основываются расчет основного и вспомогательного оборудования и определение количества устанавливаемых аппаратов.

Допускается конечная «неувязка» материального баланса до 0,5%.

Материальный расчет обязательно должен корректироваться данными тепловых расчетов, например, разбавление растворов конденсатом греющего пара, упарка при самоиспарении и т.д. Поэтому окончательное выражение материального баланса каждой операции следует давать после выбора аппаратуры.

#### 5. Расчет теплового баланса.

В этой части дипломного проекта выполняются расчеты расхода тепла (пара) и электроэнергии на производственные и прочие нужды по удельным нормам. При выполнении тепловых расчетов проводят составление теплового баланса (приложение 11).

В тепловой расчет входят определение расходных коэффициентов теплоносителей и расчет величины циркулирующих потоков. Для тепловых расчетов следует в большинстве случаев использовать данные по физико-химическим свойствам материалов, которые используются в проекте.

Так же, как и материальный расчет, тепловой расчет заканчивается составлением таблицы теплового баланса.

#### 6. Расчет основного и выбор вспомогательного оборудования.

В разделе даются описание технологического режима и расчет всего оборудования. Выбор и расчет аппаратуры сводятся к определению размеров и количеств отдельных аппаратов, необходимых для обеспечения заданной производительности.

После выбора и расчета каждого аппарата в Записке приводится его краткая характеристика с указанием ГОСТа, основных размеров, количества аппаратов, материала и привода. Если в проекте предлагается использовать новейшую аппаратуру, то в этом случае дополнительно дается ее описание.

При выборе вспомогательного оборудования необходимо учитывать, что его производительность должна быть несколько выше основного.

Разделы *«Технико-экономический расчет»*, *«Экологическая оценка проекта»*, *«Безопасность проекта»*, *«Контроль и автоматизация технологического процесса»* выполняются в соответствии с требованиями консультантов по этим разделам.

#### ***Заключение***

В заключении проводятся обобщение и анализ результатов выполненной работы. Значительное внимание в нем должно быть уделено показу все-

го нового, что было использовано в проекте по сравнению с существующей технологией, а также рекомендациям по использованию разработанных вопросов для внедрения в производство, работу лабораторий, проектах и в учебном процессе. Объем заключения должен составлять 1 - 2 стр.

### ***Список использованных источников***

В список литературы включают все используемые источники, их следует располагать в порядке появления на них ссылок в тексте РПЗ.

Сведения об источниках, включаемых в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003. Пример оформления списка использованных источников (литературы) приведен в приложении 12.

## **3.3. Оформление РПЗ**

Все текстовые документы, входящие в состав Записки, брошюруются в виде книги с твердой обложкой. Необходимые графики, эскизы, рисунки и схемы помещаются внутри текста.

Средний объем РПЗ по курсовому проекту составляет 50 - 70 стр., по дипломному проекту не должен превышать 100 - 150 стр.

Формат страниц РПЗ – А4 (297×210 мм по ГОСТ 2.301-68).

При наборе текста необходимо использовать шрифт Times New Roman кегль 14 pt (в подрисовочных подписях и таблицах допускается использовать кегль 12 pt), полуторный интервал. Абзацный отступ (красная строка) должен быть одинаковым по всей работе и составлять 1 см.

Рекомендуется установить автоперенос и выравнивание текста по ширине. Не допускается появление «висячих строк» (между нижним краем страницы и заголовком должно быть не менее трех строк текста).

Записка проекта должна иметь сквозную нумерацию. Первой страницей является титульный лист, второй – тема выпускной квалификационной работы и т.д. в указанном выше порядке. (Первая, вторая и третья страницы (это титульный лист, тема выпускной квалификационной работы, задание) не нумеруются).

### ***Титульный лист***

Титульный лист является первым листом РПЗ. Он выполняется по ГОСТ 2.301-68 с рамкой по форме, приведенной в приложениях 1 и 4.

На титульном листе должно быть указано:

- название агентства, университета и кафедры;
- наименование проекта (работы);
- обозначение проекта;
- фамилии и инициалы, даты и подписи (студента, руководителя проекта, заведующего кафедрой).

Обозначение проекта содержит ряд букв и цифр. Например, условное обозначение «ПРОС– 26.00.000 РПЗ» расшифровывается так: первые че-

тыре буквы ПРОС – сокращенное название проекта, т.е. «Проект реконструкции очистных сооружений ...»; цифры после тире 26 – фактическая производительность очистных сооружений; далее 00.000 РПЗ – расчетно-пояснительная записка.

### ***Задание на выпускную квалификационную работу выпускника***

Задание (так же, как и титульный лист, тема выпускной квалификационной работы) выдается на бланке руководителем курсового или дипломного проектирования.

В задании указываются тема проекта, производительность проектируемой установки или цеха, состав исходного сырья.

В задании дается перечень обязательных графических, текстовых и технологических документов.

Задание составляется руководителем проекта, утверждается заведующим кафедрой и вручается студенту под расписку с указанием даты выдачи и срока сдачи законченного проекта.

### ***Реферат***

Объем реферата не должен превышать одну страницу. Реферат должен содержать:

- библиографическое описание пояснительной записки;
- краткую характеристику проекта (объект исследования, цель работы, полученные результаты, их новизна, эффективность внедрения с экономической и экологической точек зрения);
- библиографическое описание графической части;
- перечень ключевых слов (должен включать от 5 до 10 слов или словосочетаний из текста Записки, которые в наибольшей мере характеризуют содержание проекта; ключевые слова записывают в именительном падеже прописными буквами).

### ***Основные разделы («Технологическая часть», ....., «Контроль и автоматизация проекта»)***

Использованные в тексте формулы и методы расчета, значения различных коэффициентов, физико-химических параметров, данных, полученных другими авторами, известные положения, теории, гипотезы оговариваются ссылками на соответствующую литературу и справочники и указываются в квадратных скобках, по мере их упоминания. Например: «[1], [1, стр. 40] либо [5, табл. 18]».

В тексте Записки делаются необходимые ссылки на разделы Записки, таблицы, графики, формулы, ***рисунки*** и т.п., которые нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами. Например: «Общий вид вертикального отстойника представлен на рисунке 1.10» или «Вертикальный отстойник представляет собой цилиндрический резервуар с коническим днищем

(рис. 1.10), который предназначен...», где 1 – номер раздела (в данном случае «Технологическая часть»), а 10 – порядковый номер рисунка в этом разделе.

Иллюстрации помещают после первой ссылки на них. Название иллюстрации приводится под рисунком, вначале указывают номер иллюстрации и через дефис название иллюстрации *с прописной буквы*. При наличии пояснительных данных к рисунку после названия ставится двоеточие и с новой строки через точку с запятой перечисляются пояснительные данные. В конце названия иллюстраций *точка не ставится*.

**Таблицы** строятся в соответствии с ГОСТ 2.105-95 и ГОСТ 7.32-81 и должны иметь содержательные заголовки, в конце которых *точка не ставится*.

Слово таблица и ее название помещают над таблицей в одной строке через дефис *с прописной буквы*. Шапка таблицы при необходимости может быть оформлена кеглем 12 pt. Пример оформления таблицы см. ниже.

Таблица 1.1 – Состав исходных и очищенных газов

Компоненты	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>					ПДК, мг/м <sup>3</sup>
	На входе	До реконструкции		После реконструкции		
		На выходе	В приземном слое (С <sub>м</sub> )	На выходе	В приземном слое (С <sub>м</sub> )	
Пыль неорг.	2,0	1,54	0,25	0,92	0,10	0,15
Сажа	1,5	1,01	0,12	0,58	0,09	0,05

Таблица 1.2 – Состав исходных и очищенных сточных вод

Показатели	Ед. изм.	Концентрация			ВСС	ПДС
		На входе	На выходе			
			До реконструкции	После реконструкции		
Объем сточных вод	м <sup>3</sup> /ч	300	280	285	-	-
Взвешенные вещества	мг/л	150,00	20,00	4,50	5,00	5,00
Нефтепродукты	мг/л	60,00	5,00	0,03	0,05	0,05

При переносе таблицы с одной страницы на другую ее шапку либо повторяют, либо присваивают нумерацию граф с обязательным соблюдением ширины последних, а над таблицей с выравниванием по левому краю помещают слова «Продолжение (Окончание) таблицы и ее номер».

При использовании **формул** в экспликации значения символов и числовых коэффициентов должны приводиться непосредственно под формулой в той последовательности, в которой они даны в формуле. Значение

каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки. Первую строку экспликации начинают со слова «где»; двоеточие после него не ставят.

При ссылке в тексте на формулу необходимо указывать ее полный номер в скобках, например: «В формуле (1.2)».

Все вспомогательные таблицы и графики, относящиеся к расчетам, выносятся в приложение. Допускается подклейка страниц, выполненных таким образом, чтобы в сложенном виде подклеенные страницы удобно размещались в тексте.

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ДИПЛОМНЫМ ПРОЕКТАМ С ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЧАСТЬЮ

Дипломный проект студентов-исследователей отличается от обычных дипломных проектов тем, что в нем уделяется большое внимание не только общеинженерным вопросам, но и научному исследованию по какому-либо вопросу, имеющему теоретический или прикладной характер.

Дипломный проект с исследовательской частью может разрабатываться в двух направлениях.

1. Научное исследование проводится с целью определения исходных данных, необходимых для выполнения дипломного проекта. Эти данные отсутствуют в технической литературе и без них невозможна разработка промышленной установки или технологии, являющейся темой данного дипломного проекта.

Примером подобного исследования может служить экспериментальное исследование обменной емкости ионообменных смол по извлекаемому компоненту, химических характеристик сорбента, механической и химической устойчивости смол и т.д.

2. Научное исследование имеет более самостоятельное значение и является частью экспериментальной научно-исследовательской работы, проводимой по проблеме кафедры или заданию промышленности. В этом случае выполняемая работа может в значительной мере отличаться от требований, предъявляемых к обычному дипломному проекту. Обязательным инженерным решением здесь может явиться:

а) разработка экспериментальной исследовательской установки, начиная от схемы, созданной на основе изучения литературы, до монтажа установки и ее составных частей;

б) расчет принципиально новой технологии с использованием данных, полученных в исследованиях кафедры.

Удельный вес исследовательской и научной частей в дипломном проекте такого направления очень высок, но они не должны заслонять собой инженерную часть проекта. Экспериментальная работа проводится за счет некоторого сокращения графической и расчетно-пояснительной части про-

екта при соблюдении соотношения исследовательской части к инженерной в пределах 2:1 или 1:1.

Для дипломных проектов, в которых научное исследование имеет цель решить отдельные небольшие исследовательские вопросы, носящие частный характер, обычные требования к Записке усложняются тем, что в объем Записки включаются материалы, посвященные вопросам исследования, рамки которого оговариваются заданием на проект.

Эти дополнения должны содержать сведения, позволяющие составить конкретное представление о направлении исследовательской работы, содержать краткий литературный обзор, посвященный теоретической стороне исследуемого вопроса, сведения о методике эксперимента, обсуждения результатов исследования.

Конечные результаты исследовательской работы должны быть настолько конкретными, чтобы можно было использовать их при практических инженерных расчетах, проводимых студентом в своем проекте.

Общий объем Записки не должен превышать 100 - 150 страниц формата А4.

Введение дополнительных материалов проводится за счет пропорционального сокращения объема отдельных разделов Записки. Не допускается сокращение объема исключительно за счет общеинженерных разделов.

Текстовая часть в **дипломных проектах с исследовательской частью** должна состоять из следующих разделов:

Титульный лист (см. приложение 4).

Тема выпускной квалификационной работы (см. приложение 5).

Задание на выпускную квалификационную работу выпускника (заполняется преподавателем) (см. приложение 6).

Реферат (см. приложение 2).

Содержание (см. приложение 3).

Введение.

1. Технологическая часть.

1.1. Обоснование проекта и постановка задачи.

1.2. Литературный обзор (ставящий целью проведение анализа различных точек зрения исследователей по изучаемой проблеме. Литературный обзор следует заканчивать выводами по существу рассматриваемых в обзоре работ).

1.3. Методика проведения эксперимента и обсуждение результатов.

1.4. Описание предлагаемой (реконструированной) технологической схемы.

1.5. Расчет материального баланса.

1.6. Расчет теплового баланса.

1.7. Расчет основного и выбор вспомогательного оборудования.

2. Техничко-экономический расчет.

3. Экологическая оценка проекта.
4. Безопасность проекта.
5. Контроль и автоматизация технологического процесса.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложение.

Ведомость дипломного проекта (см. приложение 7).

Расчетно-пояснительную записку **к дипломной научно-исследовательской работе**, проводимой по направлению исследований кафедры рекомендуется оформлять в следующем порядке:

Титульный лист (см. приложение 4).

Тема выпускной квалификационной работы (см. приложение 5).

Задание на выпускную квалификационную работу выпускника (заполняется преподавателем) (см. приложение 6).

Реферат (см. приложение 2).

Содержание (см. приложение 3).

Введение.

1. Литературный обзор.
2. Методика проведения эксперимента.
3. Обсуждение результатов исследований.
4. Техничко-экономический расчет.
5. Экологическая оценка проекта.
6. Безопасность проекта.

Заключение.

Список использованных источников.

Приложение.

Ведомость дипломного проекта (см. приложение 7).

## **5. ТРЕБОВАНИЯ К ДИПЛОМНОЙ РАБОТЕ ПО ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

В РПЗ подробно освещается широкий круг вопросов, касающихся экологических, технико-экономических, социальных посылок работы, технологических, механических и экономических расчетов. Кроме того, в РПЗ к дипломной работе должны быть освещены общеинженерные вопросы, связанные с охраной труда, автоматизацией производства и т.д.

Графическая часть должна давать полное представление о структуре промышленного предприятия, взаиморасположении отдельных цехов и

производств, основной технологии производства, предлагаемой технологии очистки выбросов, сбросов или размещения отходов.

**Технологическая часть** дипломной работы по оценке воздействия должна состоять из нескольких подразделов.

1. Краткая характеристика района размещения предприятия (или предприятий), природно-климатическая характеристика, фоновые загрязнения объектов окружающей среды.

2. Краткая характеристика условий размещения предприятий (санитарно-защитные зоны, воздухо-охранные зоны).

3. Описание технологической схемы основного производства. В данном подразделе необходимо дать краткую характеристику технологической схемы основного производства с указанием стадий и параметров процесса и описанием основного оборудования с точки зрения образования загрязняющих веществ (ЗВ), их количества. При этом следует обратить внимание на возможность возникновения аварийных ситуаций, на качественное и количественное изменение потоков загрязняющих веществ. На технологической схеме основного производства следует указать стационарные и нестационарные источники образования ЗВ. Также на технологической схеме основного производства указываются места проведения производственного экологического контроля с указанием параметров.

4. Анализ существующей технологической схемы очистки. В данном подразделе проводится детальный анализ существующей технологической схемы очистки по следующим параметрам:

- а) степень обезвреживания выбросов или сбросов;
- б) степень утилизации ценных компонентов;
- в) качество продуктов переработки отходов;
- г) количество операций в технологическом процессе;
- д) обеспечение безотходной технологии или сведение к минимуму отходов при переработке производственных отходов;
- е) ассортимент реагентов, их доступность, удобство транспортировки и хранения;
- ж) возможность механизации и автоматизации всех производственных процессов;
- з) условия труда и техники безопасности, ориентировочные затраты на производство единицы продукции.

Также в данном подразделе обязательно проводятся расчет рассеивания ЗВ в случае анализа технологической схемы очистки выбросов предприятия (цеха или отдельного производства) или расчет кратности разбавления и построение поля концентрации ЗВ в реке в случае анализа технологической схемы очистки сбросов.

5. Выбор и обоснование предлагаемой технологической схемы очистки.

Выбор и обоснование предлагаемой технологической схемы очистки проводятся на основе анализа действующей технологической схемы очистки, анализа возможных аварийных ситуаций и имеющихся литературных данных для конкретной отрасли промышленности. При этом следует обратить внимание как на отечественные, так и на зарубежные аналоги.

Основные критерии выбора аналогичны приведенным для анализа существующей технологической схемы.

## 6. РАБОТА НАД КУРСОВЫМ И ДИПЛОМНЫМ ПРОЕКТАМИ (РАБОТАМИ)

Приступая к детальной работе над проектом (работой), студент должен систематизировать все собранные материалы и окончательно уточнить с руководителем содержание и объем проекта, а также график своей работы.

В качестве примерного плана выполнения проекта можно предложить следующий.

1. Ознакомление с имеющейся по данной теме технической литературой.

2. Подробный анализ существующей технологии основного производства и технологии переработки отходов. Выявление их недостатков, оценка используемого оборудования и обоснование новых решений.

3. Составление технологической схемы производства с проведением основных материальных и тепловых расчетов для определения необходимого технологического оборудования.

4. Расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования.

5. Составление чертежей.

6. Разработка варианта размещения оборудования в цехе.

7. Разработка автоматизации и технологического контроля производства.

8. Проведение расчетов по экономике.

9. Разработка раздела по технике безопасности.

10. Окончательное оформление чертежей и пояснительной записки.

11. Подготовка доклада.

12. Представление законченного проекта на кафедру.

## 7. ПОРЯДОК СДАЧИ И ЗАЩИТЫ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

После окончания работы над проектом студент делает на кафедре доклад о выполненной работе, после чего руководитель проекта (работы) выносит решение о возможности допустить студента-дипломника к защите проекта перед Государственной аттестационной комиссией (ГАК).

При защите проекта члены ГАК знакомятся с содержанием Записки, с чертежами и заслушивают доклад. Длительность доклада 7 - 10 мин.

Положительными оценками дипломного проекта и его защиты считаются «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».

Проекты, имеющие большой научный или практический интерес, отмечаются в протоколе заседания ГАК.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: пособие по проектированию / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1991. – 494 с.

2. Ведерникова, М. И. Общие требования к выполнению и оформлению курсовых и дипломных проектов (работ) «Требования к текстовой части» [Текст]: методические указания для студентов специальностей 2603, 2506, 3207, 3302 очной и заочной форм обучения / М. И. Ведерникова, Т. М. Панова, В. С. Таланкина. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – Ч. I. – 52 с.

3. Ведерникова, М. И. Общие требования к выполнению и оформлению курсовых и дипломных проектов (работ) «Требования к графической части» [Текст]: методические указания для студентов специальностей 2603, 2506, 3207, 3302 очной и заочной форм обучения / М. И. Ведерникова, Т. М. Панова, В. С. Таланкина. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – Ч. II. – 47 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра физико-химической технологии защиты биосферы

**ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
СХЕМЫ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ**

**ЗАО «УРАЛЬСКИЙ ТУРБИННЫЙ ЗАВОД»,**

**г. Екатеринбург**

Расчетно-пояснительная записка к курсовому проекту

по дисциплине «Процессы и аппараты защиты

окружающей среды»

**ПРОГ – 26.00.000 РПЗ**

Разработал

студент ИЭФ-57

Сидоров Е.А.

Руководитель проекта

Иванов А.А.

Заведующий кафедрой

Липунов И.Н

Екатеринбург

2009

## РЕФЕРАТ

Курсовой проект Петрова Евгения Александровича на тему «Проект реконструкции очистных сооружений ОАО «Пневмостроймашина», г. Екатеринбург» состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Объем пояснительной записки составляет 84 страницы, (листы формата А 4), в том числе 14 рисунков, 5 таблиц и 18 источников литературы.

В расчетно-пояснительной записке представлен критический обзор существующих в настоящее время методов и способов очистки производственных сточных вод от ионов железа. Обоснована и описана адсорбционно-каталитическая схема, сочетающая в себе каталитическое окисление ионов  $Fe^{2+}$  до  $Fe^{3+}$  за счет формирования на поверхности кварцевого песка каталитической пленки из диоксида марганца, с одновременным фильтрованием через зернистую загрузку. Предложенная схема позволяет проводить обезжелезивание стоков до требуемых нормативных показателей, что является экологически и экономически выгодным.

Графическая часть содержит 3 листа формата А1, чертежи выполнены в программе AutoCAD 2006 по ГОСТ 2.104-68:

1. Таблица «Состав исходной и очищенной сточной воды».
2. Технологическая схема.
3. Чертеж «Вертикальный отстойник».

*Ключевые слова:* сточные воды, железо, очистные сооружения, окисление, фильтрация, адсорбционно-каталитическая пленка, обезжелезивание, сброс.

ПРОС – 30.00.000 РПЗ				
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Студент		Петров Е.А.		
Рук. пр.		Иванов А.А.		
Н. контр.				
Зав. каф.		Липунов И.Н.		
Проект реконструкции очистных сооружений ОАО «Пневмостроймашина»			Лит.	Лист
			4	154
<b>Приложение 3</b>				

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Обоснование проекта и постановка задачи .....	4
1.1. Общие сведения о предприятии .....	4
1.2. Климатические характеристики района расположения предприятия .....	6
1.3. Описание существующей технологической схемы очист- ки отходящих газов .....	7
2. Выбор и обоснование технологической схемы .....	10
3. Описание реконструированной технологической схемы очи- стки отходящих газов .....	25
4. Расчет материального баланса .....	31
5. Расчет основного аппарата .....	35
Заключение .....	37
Список использованных источников .....	38

					<b>ПРОГ - 26.00.000 РПЗ</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Проект реконструкции технологической схемы очистки отходящих газов	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Студент	Сидоров Е.А.							
Рук. пр.	Иванов Т.А.							
Н. контр.								
Зав. каф.	Липунов И.Н.							
						УГПТУ, каф. ФХТЗБ, ИЭФ-47 <b>Приложение 4</b>		

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**ГОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический**  
**университет**

Институт (факультет) \_\_\_\_\_

Кафедра \_\_\_\_\_

Направление \_\_\_\_\_

Специальность \_\_\_\_\_

Специализация \_\_\_\_\_

**ВЫПУСКНАЯ**  
**КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

вид работы \_\_\_\_\_  
(дипл. проект, дипл. работа, магистр. диссертация)

на тему \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выпускник \_\_\_\_\_  
(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Руководитель \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы) (подпись)

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
(фамилия, инициалы) (подпись)

Екатеринбург  
200\_\_

**Приложение 5**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**ГОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический университет**

Институт (факультет) \_\_\_\_\_  
Направление \_\_\_\_\_  
Специальность \_\_\_\_\_  
Специализация \_\_\_\_\_  
Фамилия \_\_\_\_\_  
Имя \_\_\_\_\_  
Отчество \_\_\_\_\_

**ТЕМА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

утверждена приказом ректора № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Кафедра \_\_\_\_\_ Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

Консультант(ы) \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

Работа начата \_\_\_\_\_

Решением кафедры от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. выпускник допущен к защите выпускной квалификационной работы.

Декан \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

**РЕШЕНИЕ**  
**ГОСУДАРСТВЕННОЙ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ КОМИССИИ**

Признать, что выпускник \_\_\_\_\_ выполнил(а) и защитил(а)  
выпускную квалификационную работу с оценкой \_\_\_\_\_

Председатель ГЭК \_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

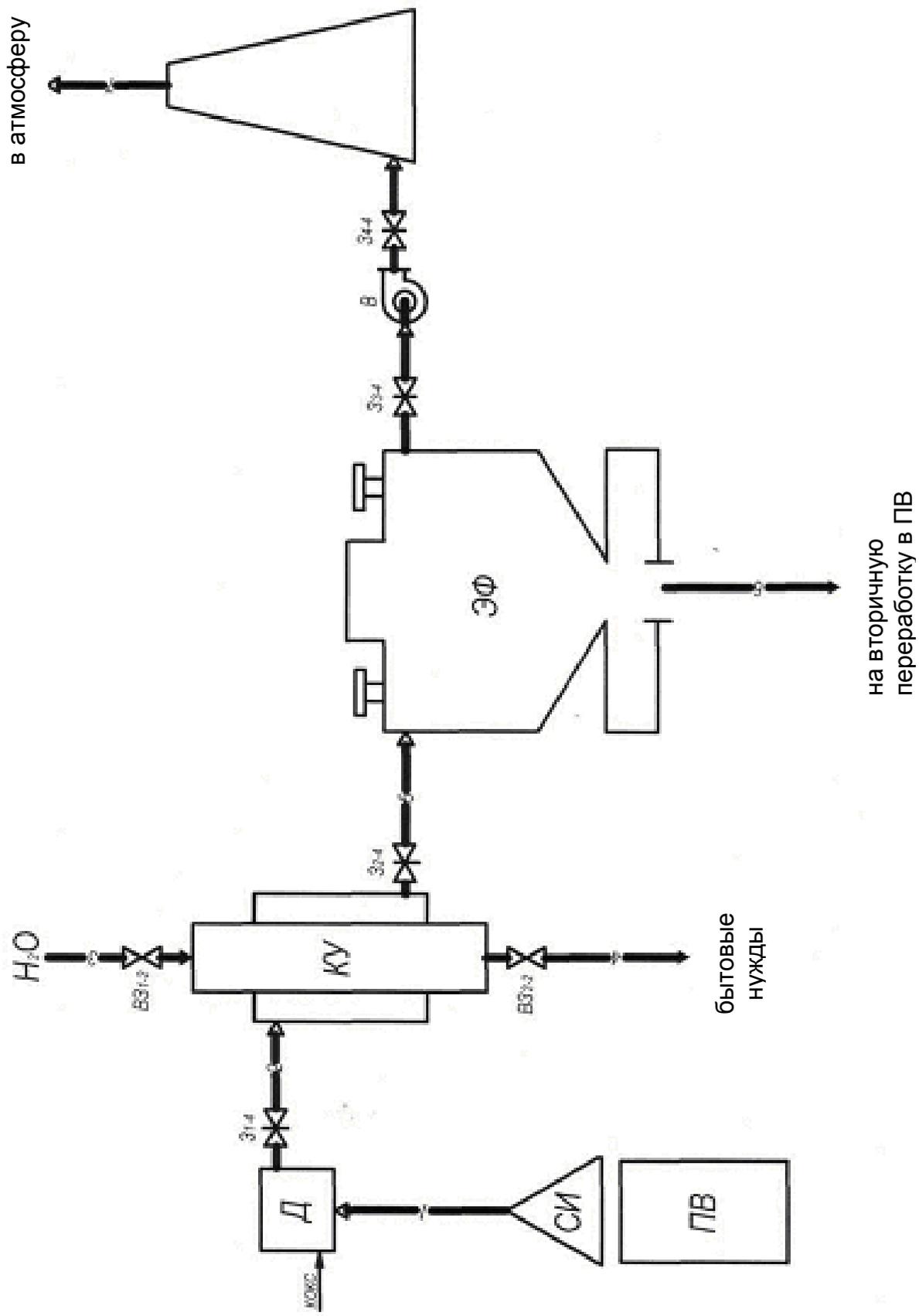
Секретарь ГЭК \_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

**Приложение 6**



Листы	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во листов	Кол-во экз.	Примечание
1			<u>Документация общая</u>			
2						
3			Вновь разработанная			
4						
5	A4	ПРОС – 20.00.000 РПЗ	Пояснительная записка	146	1	
6						
7	A1	ПРОС – 20.00.000 ТЗ	Технологическая схема			
8			очистки сточных вод	1	1	Лист 1
9						
10	A1	ПРОС – 20.00.000 ВО	Песколовка-жироловка.			
11			Чертеж общего вида	1	1	Лист 2
12						
13	A1	ПРОС – 20.00.000 ВО	Барабанная сушилка.			
14			Чертеж общего вида	1	1	Лист 3
15						
16	A1	ПРОС – 20.00.000 ВО	Флотатор. Чертеж			
17			общего вида	1	1	Лист 4
18						
19	A1		Технико-экономические			
20			показатели. Таблица	1	1	Лист 5
21						
22	A1		Опасные и вредные			
23			факторы. Таблица	1	1	Лист 6
24						
25	A1		Влияние рН среды на			
26			эффективность очистки.			
27			График	1	1	
<b>ПРОС – 20.00.000 РПЗ</b>						
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		
Студент		Зими́на Н.И.			<b>Лит</b>	<b>Лист</b>
Рук. пр.		Иванов А.А.			У	146
Н. конт.		Иванов А.А.			УГЛТУ, Кафедра ФХТЗБ ЗФ, спец. 280201	
Зав. каф.		Липунов И.Н.				
<b>Проект реконструкции очистных сооружений предприятия ОАО «Екатеринбургский мясокомбинат»</b>						

## Приложение 8



Условные обозначения

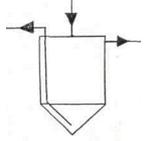
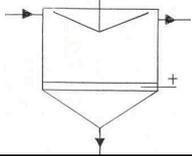
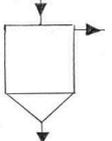
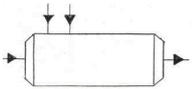
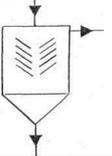
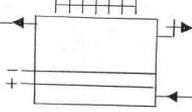
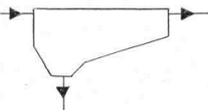
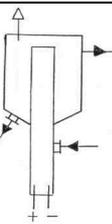
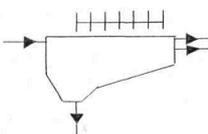
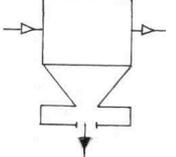
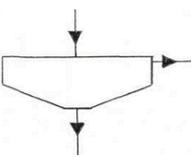
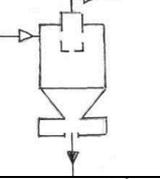
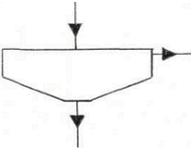
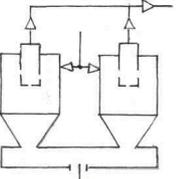
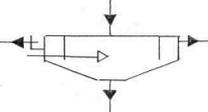
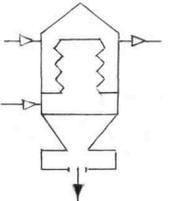
Обозначение	Название	Количество	Примечание
<b>Оборудование</b>			
ПВ	Печь вагранка	1	
СИ	Сухой искрогаситель	1	
Д	Дожигатель	1	
КУ	Котел-утилизатор	2	
ЭФ	Электрофильтр	1	УГЗ-3-88
В	Вентилятор	2	
ВЗ	Вентиль запорный	2	
З	Задвижка	4	

### Потоки

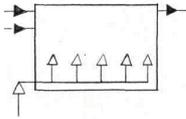
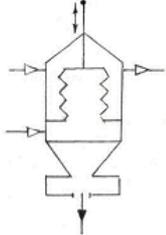
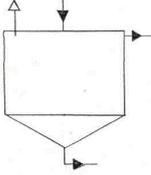
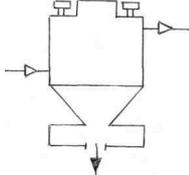
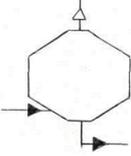
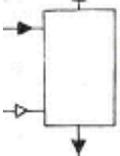
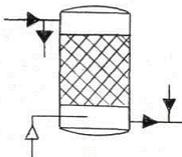
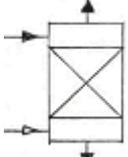
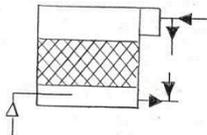
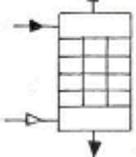
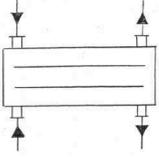
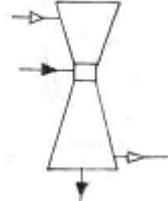
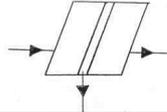
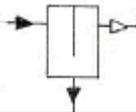
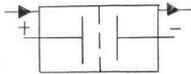
Обозначение	Название среды в газоходе (трубопроводе)
—1—1—	Загрязненный газ
—2—2—	Горячий газ, очищенный от оксида углерода
—3—3—	Холодная водопроводная вода
—4—4—	Горячая вода
—5—5—	Охлажденный газ
—6—6—	Пылевоздуховод уловленной пыли
—7—7—	Очищенный газ

## Приложение 9

Условные обозначения на технологической схеме

Изображаемый элемент	Обозначение	Изображаемый элемент	Обозначение
1	2	1	2
Вертикальные: отстойник, илоуплотнитель		Электрокоагулятор стружечный	
Вертикальные: отстойник, илоуплотнитель		Гальванокоагуляционный барабан	
Вертикальный отстойник с тонкослойными элементами		Электрофлотатор	
Горизонтальные: отстойник, песколовка		Электрокоагулятор колонного типа	
Горизонтальная нефтеловушка		Пылеосадительная камера	
Радиальные: отстойник, илоуплотнитель		Циклон	
Радиальные: отстойник, илоуплотнитель		Групповой циклон	
Радиальный флотатор		Рукавный фильтр: а) с обратной продувкой	

Окончание таблицы

1	2	1	2
Аэротенк		б) обратная продувка со встряхиванием	
Аэробный стабилизатор		Электрофильтр	
Метантенк		Полый скруббер	
Напорный фильтр		Насадочный скруббер: а) насадка навалом	
Скорый (каркасно-засыпной) фильтр		б) регулярная насадка	
Установка ультрафиолетового облучения		Скруббер Вентури	
Решетка наклонная		Брызгоуловитель	
Электролизер			

**Расчет материального баланса  
циклонной установки**

Исходные данные:

объем загрязненного газа, м <sup>3</sup> /ч .....	100
температура загрязненного газа, °С .....	70
концентрация, г/м <sup>3</sup> :	
– неорганической пыли (20-70% SiO <sub>2</sub> ) .....	10
– сажи .....	5
эффективность очистки, % .....	75

Расчет материального баланса ведем в единицах массы.

1. Рассчитываем массу загрязненного газа, поступающего на очистку:

$$M_{зг} = V_{зг} \cdot \rho_{зг},$$

где  $V_{зг}$  – объем загрязненных газов при рабочих условиях, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{зг}$  – плотность загрязненного воздуха при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Объем загрязненного газа рассчитывается по формуле

$$V_{зг} = \frac{V_0(273 + T_{зг})}{273},$$

где  $V_0$  – объем загрязненных газов при нормальных условиях, м<sup>3</sup>/с;

$T_{зг}$  – температура загрязненного газа, поступающего на очистку.

$$V_{зг} = \frac{100(273 + 70)}{273} = 125,64 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Плотность загрязненного газа при рабочих условиях рассчитывается по формуле

$$\rho_{зг} = \rho_0 \frac{273}{273 + T_{зг}},$$

где  $\rho_0$  – плотность загрязненного газа при нормальных условиях, для воздуха  $\rho_0 = 1,293 \text{ кг/м}^3$ .

$$\rho_{зг} = 1,293 \frac{273}{273 + 70} = 1,029 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда масса загрязненного газа, поступающего на очистку, составит:

$$M_{зг} = 125,64 \cdot 1,029 = 129,284 \text{ кг/ч}.$$

2. Рассчитываем массу загрязняющих веществ, содержащихся в загрязненном газе:

$$M_{зв} = V_{зг} \cdot C_{зв},$$

где  $C_{зв}$  – концентрация загрязняющих веществ, г/м<sup>3</sup>.

Масса пыли составит:

$$M_{п} = 125,64 \cdot 0,010 = 1,256 \text{ кг/ч}.$$

Масса сажи составит:

$$M_C = 125,64 \cdot 0,005 = 0,628 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем массу загрязняющих веществ, уловленных в циклоне:

$$M_{3B}^{yЛ} = M_{3B} \cdot \eta,$$

где  $\eta$  – общая эффективность очистки газа в циклоне, % .

Масса уловленной пыли составит:

$$M_{П}^{yЛ} = 1,256 \cdot 0,75 = 0,952 \text{ кг/ч.}$$

Масса уловленной сажи составит:

$$M_C^{yЛ} = 0,628 \cdot 0,75 = 0,471 \text{ кг/ч.}$$

Тогда общая масса загрязняющих веществ, уловленных в циклоне,

$$\Sigma M_{3B}^{yЛ} = M_{П}^{yЛ} + M_C^{yЛ} = 0,952 + 0,471 = 1,423 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем массу загрязняющих веществ в очищенном газе:

$$M_{3B}^{oГ} = M_{3B} - M_{3B}^{yЛ}.$$

Масса пыли в очищенном газе составит:

$$M_{П}^{oГ} = 1,256 - 0,952 = 0,304 \text{ кг/ч.}$$

Масса сажи в очищенном газе составит:

$$M_C^{oГ} = 0,628 - 0,471 = 0,157 \text{ кг/ч.}$$

5. Рассчитываем массу очищенного газа:

$$M_{oГ} = M_{3Г} - \Sigma M_{3B}^{yЛ} = 129,284 - (0,952 + 0,471) = 127,861 \text{ кг/ч.}$$

6. Рассчитываем объем очищенного газа:

$$V_{oГ} = \frac{M_{oГ}}{\rho_{oГ}},$$

где  $\rho_{oГ}$  – плотность очищенного газа (при отсутствии данных о температуре газа на выходе из пылеуловителя принимается равной температуре газа на входе в пылеуловитель), кг/м<sup>3</sup>.

$$V_{oГ} = \frac{127,861}{1,029} = 124,258 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

7. Рассчитываем концентрацию загрязняющих веществ в очищенном газе:

$$C_{3B}^{oГ} = \frac{M_{3B}^{oГ}}{V_{oГ}}.$$

Концентрация пыли в очищенном газе составит:

$$C_{П}^{oГ} = \frac{0,304}{124,258} = 0,002447 \text{ кг/м}^3 = 2,447 \text{ г/м}^3.$$

Концентрация сажи в очищенном газе составит:

$$C_C^{oГ} = \frac{0,157}{124,258} = 0,001264 \text{ кг/м}^3 = 1,264 \text{ г/м}^3.$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет материального баланса циклонной установки

Приход	кг/ч	г/м <sup>3</sup>	Расход	кг/ч	г/м <sup>3</sup>
1) Загрязненный газ, в т.ч.:	129,284		1) Очищенный газ, в т.ч.:	127,861	
– неорг. пыль	1,256	10	неорг. пыль	0,304	2,447
– сажа	0,628	5	сажа	0,157	1,264
– воздух	127,4		воздух	127,4	
			2) Уловленные загрязняющие вещества	1,423	
Итого	129,284		Итого	129,284	

### Расчет материального баланса сухого искрогасителя

При наличии подсосов воздуха из окружающей среды, например при расчете материального баланса сухого искрогасителя, необходимо учесть потери взвешенных веществ в окружающую среду ( $\Delta n=1-3\%$ ).

В этом случае в разделе «Экологическая оценка проекта» должен быть расчет запыленности цеха (участка).

Исходные данные:

объем загрязненного газа, м <sup>3</sup> /ч (при рабочих условиях) .....	100
температура загрязненного газа, °С .....	170
температура очищенного газа, °С .....	140
концентрация неорганической пыли, г/м <sup>3</sup> .....	30
эффективность очистки, % .....	40
коэффициент потерь, % .....	2

Расчет материального баланса ведем в единицах массы.

1. Рассчитываем массу загрязненного газа, поступающего на очистку:

$$M_{зг} = V_{зг} \cdot \rho_{зг},$$

где  $V_{зг}$  – объем загрязненных газов при рабочих условиях, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{зг}$  – плотность загрязненного воздуха при рабочих условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность загрязненного газа при рабочих условиях рассчитывается по формуле

$$\rho_{зг} = \rho_0 \frac{273}{273 + T_{зг}},$$

где  $\rho_0$  – плотность загрязненного газа при нормальных условиях, для воздуха  $\rho_0 = 1,293$  кг/м<sup>3</sup>;

$$\rho_{зг} = 1,293 \frac{273}{273 + 170} = 0,797 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда масса загрязненного газа, поступающего на очистку, составит:

$$M_{зг} = 100 \cdot 0,797 = 79,7 \text{ кг/ч.}$$

2. Рассчитываем массу пыли, содержащейся в загрязненном газе:

$$M_{п} = V_{зг} \cdot C_{п},$$

где  $C_{п}$  – концентрация пыли,  $\text{г/м}^3$ .

$$M_{п} = 100 \cdot 0,03 = 3 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем массу пыли, уловленной в сухом искрогасителе.

$$M_{п}^{ул} = M_{п} \cdot \eta,$$

где  $\eta$  – общая эффективность очистки газа в сухом искрогасителе, %

$$M_{п}^{ул} = 30 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем массу пыли, потерянной на данной стадии:

$$M_{п}^{пот} = M_{п} \cdot \Delta n,$$

где  $\Delta n$  – коэффициент потерь пыли при очистке в сухом искрогасителе, % .

$$M_{п} = 3 \cdot 0,02 = 0,06 \text{ кг/ч.}$$

5. Рассчитываем массу пыли в очищенном газе:

$$M_{п}^{ог} = M_{п} - (M_{п}^{ул} - M_{п}^{пот}),$$
$$M_{п}^{ог} = 3 - (1,2 + 0,06) = 1,74 \text{ кг/ч.}$$

6. Рассчитываем массу очищенного газа:

$$M_{ог} = M_{зг} - (M_{п}^{ул} - M_{п}^{пот}) = 79,7 - (1,2 + 0,06) = 78,44 \text{ кг/ч.}$$

7. Рассчитываем объем очищенного газа:

$$V_{ог} = \frac{M_{ог}}{\rho_{ог}},$$

где  $\rho_{ог}$  – плотность очищенного газа,  $\text{кг/м}^3$ :

$$\rho_{ог} = \rho_0 \frac{273}{273 + T_{ог}} = \frac{1,293 \cdot 273}{273 + 140} = 0,855 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда объем очищенного газа составит:

$$V_{ог} = \frac{78,44}{0,855} = 91,742 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

8. Рассчитываем концентрацию пыли в очищенном газе:

$$C_{п}^{ог} = \frac{M_{п}^{ог}}{V_{ог}},$$

$$C_{п}^{ог} = \frac{1,74}{91,742} = 0,01897 \text{ кг/м}^3 = 18,97 \text{ г/м}^3.$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет материального баланса сухого искрогасителя

Приход	кг/ч	г/м <sup>3</sup>	Расход	кг/ч	г/м <sup>3</sup>
1. Загрязненный газ, в т.ч.:	79,7		1. Очищенный газ, в т.ч.:	78,44	
– неорг. пыль	3	30	– неорг. пыль	1,74	18,97
– воздух	76,7		– воздух	76,7	
			2. Уловленная пыль	1,2	
			3. Потери	0,06	
Итого	79,7		Итого	79,7	

### Расчет материального баланса стадии отстаивания сточных вод

Исходные данные:

объем поступающих сточных вод, м <sup>3</sup> /ч .....	200
концентрация взвешенных веществ, мг/л .....	500
эффективность очистки, % .....	50
влажность образующегося осадка, % .....	95

Расчет материального баланса ведем в единицах массы.

1. Рассчитываем массу сточных вод:

$$m_{CB} = V_{CB} \cdot \rho_{CB},$$

где  $V_{CB}$  – объем сточных вод, поступающих на очистку, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_{CB}$  – плотность сточных вод, поступающих на очистку, примем

$$\rho_{CB} = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

$$m_{CB} = 200 \cdot 1000 = 200000 \text{ кг/ч.}$$

2. Рассчитываем массу взвешенных веществ, содержащихся в сточной воде:

$$C_{B3B}^{CB} = 500 \text{ мг/л} = 500 \text{ г/м}^3 = 0,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{B3B}^{CB} = C_{B3B}^{CB} \cdot V_{CB},$$

где  $C_{B3B}^{CB}$  – концентрация взвешенных веществ, кг/м<sup>3</sup>.

$$m_{B3B}^{CB} = 0,5 \cdot 200 = 100 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем массу взвешенных веществ, задержанных в отстойнике:

$$m_{B3B}^{УЛ} = m_{B3B}^{CB} \cdot \varphi,$$

где  $\varphi$  – эффективность работы отстойника, %.

$$m_{B3B}^{УЛ} = \frac{100 \cdot 50}{100} = 50 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем массу осадка, образовавшегося в отстойнике:

$$m_{OC} = \frac{m_{B3B}^{yL} \cdot 100\%}{100\% - \omega_{OC}},$$

где  $\omega_{OC}$  – влажность осадка, %.

$$m_{OC} = \frac{50 \cdot 100\%}{100\% - 95\%} = 1000 \text{ кг/ч.}$$

5. Рассчитываем массу осветленной воды:

$$m_{OCB} = m_{CB} - m_{OC} = 200000 - 1000 = 199000 \text{ кг/ч.}$$

6. Рассчитываем концентрацию взвешенных веществ в осветленной воде:

$$C_{B3B}^{OCB} = \frac{m_{B3B}^{OCB}}{V_{OCB}},$$

где  $V_{OCB}$  – объем осветленной воды, м<sup>3</sup>/ч;

$m_{B3B}^{OCB}$  – масса взвешенных веществ в осветленной воде, кг/ч, рассчитываемая по формуле:

$$m_{B3B}^{OCB} = m_{B3B}^{CB} - m_{B3B}^{yL} = 100 - 50 = 50 \text{ кг/ч.}$$

$$C_{B3B}^{OCB} = \frac{50}{199} = 0,25 \text{ кг/м}^3 = 250 \text{ мг/л.}$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет материального баланса стадии отстаивания сточных вод

Приход	кг/ч	мг/л	Расход	кг/ч	мг/л
1. Сточная вода, в т.ч.:	200000		1. Осветленная вода, в т.ч.:	199900	
– взвешенные вещества	100	500	– взвешенные вещества	50	250
– вода	199900		– вода	199850	
			2. Осадок, в т.ч.:	1000	
			– взвешенные вещества	50	
			– вода	950	
Итого	200000		Итого	200000	

## Расчет материального баланса стадии фильтрования сточных вод

Исходные данные:

объем поступающих сточных вод, м <sup>3</sup> /ч .....	150
концентрация взвешенных веществ, мг/л .....	80
эффективность очистки, % .....	70

Расчет материального баланса ведем в единицах массы.

1. Рассчитываем массу сточных вод:

$$m_{CB} = V_{CB} \cdot \rho_{CB},$$

где  $V_{CB}$  – объем сточных вод, поступающих на очистку, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_{CB}$  – плотность сточных вод, поступающих на очистку, примем  
 $\rho_{CB} = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

$$m_{CB} = 150 \cdot 1000 = 150000 \text{ кг/ч.}$$

2. Рассчитываем массу взвешенных веществ, содержащихся в сточной воде:

$$C_{B3B}^{CB} = 80 \text{ мг/л} = 80 \text{ г/м}^3 = 0,08 \text{ кг/м}^3;$$

$$m_{B3B}^{CB} = C_{B3B}^{CB} \cdot V_{CB},$$

где  $C_{B3B}^{CB}$  – концентрация взвешенных веществ, кг/м<sup>3</sup>.

$$m_{B3B}^{CB} = 0,08 \cdot 150 = 12 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем массу взвешенных веществ, задержанных на фильтре:

$$m_{B3B}^{УЛ} = m_{B3B}^{CB} \cdot \varphi,$$

где  $\varphi$  – эффективность работы фильтра, %.

$$m_{B3B}^{УЛ} = \frac{12 \cdot 70}{100} = 8,4 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем расход промывной воды:

$$q_{ПР} = \frac{I \cdot f}{1000},$$

где  $I$  – интенсивность промывки (в соответствии с типом фильтра), принимаем  $I = 10 \text{ л/(с} \cdot \text{м}^2)$ ;

$f$  – площадь фильтрующей поверхности (из расчета фильтра), принимаем  $f = 6 \text{ м}^2$ ;

$$q_{ПР} = \frac{10 \cdot 6}{1000} = 0,06 \text{ м}^3/\text{с.}$$

При продолжительности промывки фильтра  $T = 10$  мин = 600 с и количестве промывок в сутки  $n = 1$  расход промывной воды составляет:

$$q_{\text{ПР}} = 0,06 \cdot 600 \cdot 1 = 36 \text{ м}^3/\text{сут} = 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

5. Рассчитываем массу промывной воды:

$$m_{\text{ПР}} = q_{\text{ПР}} \cdot \rho_{\text{ПР}},$$

где  $q_{\text{ПР}}$  – объем промывной воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\rho_{\text{ПР}}$  – плотность промывной воды; примем  $\rho_{\text{ПР}} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

$$m_{\text{ПР}} = 1,5 \cdot 1000 = 1500 \text{ кг}/\text{ч}.$$

В случае ориентировочного расчета (когда тип фильтра не уточнен) количество промывной воды принимается 1-3% от массы (объема) поступающих на фильтрование сточных вод.

6. Рассчитываем массу осветленной воды:

$$m_{\text{ОСВ}} = m_{\text{СВ}} - m_{\text{ВЗВ}}^{\text{УЛ}} - m_{\text{ПР}} = 150000 - 8,4 - 1500 = 148491,6 \text{ кг}/\text{ч}.$$

7. Рассчитываем концентрацию взвешенных веществ в осветленной воде:

$$C_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} = \frac{m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}}}{V_{\text{ОСВ}}},$$

где  $V_{\text{ОСВ}}$  – объем осветленной воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}}$  – масса взвешенных веществ в осветленной воде,  $\text{кг}/\text{ч}$ , рассчитываемая по формуле

$$m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} = m_{\text{ВЗВ}}^{\text{СВ}} - m_{\text{ВЗВ}}^{\text{УЛ}} = 12 - 8,4 = 3,6 \text{ кг}/\text{ч}.$$

$$C_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} = \frac{3,6}{149} = 0,024 \text{ кг}/\text{м}^3 = 24 \text{ мг}/\text{л}.$$

8. Рассчитываем массу взвешенных веществ в промывной воде:

$$m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ПР}} = C_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} \cdot q_{\text{ПР}} = 0,024 \cdot 1,5 = 0,036 \text{ кг}/\text{ч}.$$

9. Рассчитываем массу взвешенных веществ в осветленной воде:

$$m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} = m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ОСВ}} - m_{\text{ВЗВ}}^{\text{ПР}} = 3,6 - 0,036 = 3,564 \text{ кг}/\text{ч}.$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет материального баланса стадии фильтрования сточных вод

Приход	кг/ч	мг/л	Расход	кг/ч	мг/л
1. Сточная вода, в т.ч.:	150000		1. Осветленная вода, в т.ч.:	148491,6	
– взвешенные вещества	12	80	– взвешенные вещества	3,564	24
– вода	149988		– вода	148488,04	
			2. Задержанные взвешенные вещества	8,4	
			3. Промывная вода в т.ч.:	1500	
			– взвешенные вещества	0,036	24
			– вода	1499,964	
Итого	150000		Итого	150000	

### Расчет материального баланса обезвоживания осадка на фильтр-прессе

Исходные данные:

масса осадка сточных вод после биологической очистки, кг/ч..	2500
влажность осадка, поступающего на обезвоживание, % .....	99
влажность обезвоженного осадка, % .....	75

Расчет материального баланса ведем в единицах массы.

1. Рассчитываем массу взвешенных веществ в осадке, поступающем на обезвоживание:

$$m_{BЗВ}^{OC_1} = \frac{m_{OC_1} (100\% - \omega_{OC_1})}{100\%},$$

где  $m_{OC_1}$  – масса осадка сточных вод, поступающего на обезвоживание кг/ч;

$\omega_{OC_1}$  – влажность осадка, поступающего на обезвоживание, %.

$$m_{BЗВ}^{OC_1} = \frac{2500(100\% - 99\%)}{100\%} = 25 \text{ кг/ч.}$$

2. Рассчитываем массу взвешенных веществ в фильтрате, принимая унос взвешенных частиц  $\eta$  равным 10%:

$$m_{B3B}^{\Phi} = m_{B3B}^{OC_1} \cdot \eta = \frac{25 \cdot 10\%}{100\%} = 2,5 \text{ кг/ч.}$$

3. Рассчитываем массу взвешенных веществ в обезвоженном осадке:

$$m_{B3B}^{OC_2} = m_{B3B}^{OC_1} - m_{B3B}^{\Phi} = 25 - 2,5 = 22,5 \text{ кг/ч.}$$

4. Рассчитываем массу обезвоженного осадка:

$$m_{OC_2} = \frac{m_{B3B}^{OC_2} \cdot 100\%}{100\% - \omega_{OC_2}},$$

где  $\omega_{OC_2}$  – влажность обезвоженного осадка, %.

$$m_{OC_2} = \frac{22,5 \cdot 100\%}{100\% - 75\%} = 90 \text{ кг/ч.}$$

5. Рассчитываем массу фильтрата:

$$m_{\Phi} = m_{OC_1} - m_{OC_2} = 2500 - 90 = 2410 \text{ кг/ч.}$$

6. Рассчитываем концентрацию взвешенных веществ в фильтрате:

$$C_{B3B}^{\Phi} = \frac{m_{B3B}^{\Phi}}{V_{\Phi}},$$

где  $V_{\Phi}$  – объем фильтрата, м<sup>3</sup>/ч.

$$C_{B3B}^{\Phi} = \frac{2,5}{2,41} = 1,04 \text{ кг/м}^3 = 1040 \text{ мг/л.}$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет материального баланса обезвоживания осадка

Приход	кг/ч	мг/л	Расход	кг/ч	мг/л
1. Осадок, в т.ч.:	2500		1. Осадок, в т.ч.:	90	
– взвешенные вещества	25		– взвешенные вещества	22,5	
– вода	2475		– вода	67,5	
			2. Фильтрат в т.ч.:	2410	
			– взвешенные вещества	2,5	1041
			– вода	2407,5	
Итого	2500		Итого	2500	



где  $G^F$  – расход газа, кг/ч;

$I_K^F$  – теплосодержание охлажденного газа. Принимаем, что изменение состояния воздуха при его охлаждении в котле-утилизаторе происходит при постоянном влагосодержании (т.е.  $x = \text{const}$ ), тогда теплосодержание охлажденного газа находим точкой пересечения линии влагосодержания с изотермой  $t_K^F = 165$  °С. Этой точке соответствует энтальпия  $I_K^F = 472$  кДж/кг.

$$Q_3 = 61,6 \cdot 472,14 = 29083,824 \text{ кДж/ч.}$$

$Q_4$  – тепло, уходящее с подогретой водой, находится по уравнению

$$Q_4 = G_B \cdot C_K^B \cdot t_K^B,$$

где  $G_B$  – расход воды, кг/ч;

$C_K^B$  – удельная теплоемкость воды, при температуре 80°С

$$C_K^B = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

$t_K^B$  – температура воды на выходе из котла-утилизатора. Так как нагретая вода используется для обогрева помещения, принимаем температуру горячей воды 80 °С.

$$Q_4 = 30 \cdot 4,19 \cdot (80 + 273) = 44372,1 \text{ кДж/ч.}$$

$Q_5$  – потери тепла в окружающую среду (принимаются равными 5-10% от  $Q_1$ ). При условии покрытия аппарата теплоизоляцией величиной  $Q_5$  можно пренебречь.

$$Q_5 = Q_1 \cdot 0,05,$$

$$Q_5 = 39479,44 \cdot 0,05 = 1973,972 \text{ кДж/ч.}$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет теплового баланса котла-утилизатора

Приход	кДж/ч	Расход	кДж/ч
1. Тепло, вносимое горячим газом	39479,44	1. Тепло, уносимое охлажденным газом	29083,824
2. Тепло, вносимое холодной водой	35950,2	2. Тепло, уносимое горячей водой	44372,1
		3. Потери тепла в окружающую среду	1973,972
Итого	75429,6	Итого	75429,8

**Вариант 2.** Определить расход охлаждающей воды ( $G_B$ ) и составить тепловой баланс котла-утилизатора, предназначенного для охлаждения горячего газа. Охлаждение газа осуществляется холодной водопроводной водой (12 - 15°С). Подогретую до 80°С воду предполагается использовать для обогрева помещения и бытовых нужд.

Исходные данные:

расход газа ( $G_H^G$ ): м <sup>3</sup> /ч .....	1000
кг/ч .....	524,5
влажность воздуха, % .....	10
начальная температура газа ( $t_H^G$ ), °С .....	400
конечная температура газа ( $t_K^G$ ), °С .....	275
начальная температура воды ( $t_H^B$ ), °С .....	13
конечная температура воды ( $t_K^B$ ), °С .....	80

Уравнение теплового баланса:

$$Q_{PP} = Q_{PCX}$$

или

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 + Q_5.$$

Находим тепло, вносимое в котел-утилизатор горячим газом:

$$Q_1 = G^G \cdot I_H^G,$$

где  $G^G$  – расход газа, кг/ч;

$I_H^G$  – теплосодержание горячего газа (определяется по диаграмме  $x - I$  при  $t_H^G = 400$  °С и  $\varphi = 10\%$ )  $I_H^G = 631,80$  кДж/кг.

$$Q_1 = 524,5 \cdot 631,8 = 331379,1 \text{ кДж/ч.}$$

Тепло, вносимое холодной водопроводной водой ( $G_2$ ), находится по уравнению

$$Q_2 = G_B \cdot C_H^B \cdot t_H^B,$$

где  $G_B$  – расход воды, кг/ч;

$C_H^B$  – удельная теплоемкость воды, при температуре 13 °С

$$C_H^B = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

$t_H^B$  – температура воды на входе в котел-утилизатор.

Тепло, уходящее с охлажденным газом ( $Q_3$ ), находится по уравнению:

$$Q_3 = G^G \cdot I_K^G,$$

где  $G^G$  – расход газа, кг/ч;

$I_K^G$  – теплосодержание охлажденного газа. Принимаем, что изменение состояния воздуха при его охлаждении в котле-утилизаторе происходит при постоянном влагосодержании (т.е.  $x = \text{const}$ ), тогда теплосодержание охлажденного газа при  $t_K^G = 275$  °С, составит  $I_K^G = 479,247$  кДж/кг.

$$Q_3 = 524,5 \cdot 479,247 = 251365,1 \text{ кДж/ч.}$$

Тепло, уходящее с подогретой водой ( $Q_4$ ), находится по уравнению

$$Q_4 = G_B \cdot C_K^B \cdot t_K^B,$$

где  $G_B$  – расход воды, кг/ч;

$C_K^B$  – удельная теплоемкость воды, при температуре 80 °С

$$C_K^B = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

$t_K^B$  – температура воды на выходе из котла-утилизатора.

Потери тепла в окружающую среду ( $Q_5$ ), принимаются равными 5-10% от  $Q_1$ . При условии покрытия аппарата теплоизоляцией величиной  $Q_5$  можно пренебречь.

$$Q_5 = Q_1 \cdot 0,05$$

$$Q_5 = 331379,1 \cdot 0,05 = 16568,96 \text{ кДж/ч.}$$

Из уравнения теплового баланса выразим необходимый для охлаждения газа расход воды:

$$G^G \cdot I_H^G + G_2 \cdot C_H^B \cdot t_H^B = G^G \cdot I_K^G + G_2 \cdot C_K^B \cdot t_K^B + 0,05 \cdot G^G \cdot I_H^G,$$

$$G_2 = \frac{G^G (I_H^G - I_K^G) - 0,05 \cdot G^G \cdot I_H^G}{C^B \cdot (t_K^B - t_H^B)},$$

или

$$G_2 = \frac{524,5 \cdot (631,8 - 479,3) - 0,05 \cdot 524,5 \cdot 631,8}{4,19 \cdot (353 - 286)} = 226 \text{ кг/ч.}$$

По рассчитанному расходу воды определяем количество тепла, вносимое и уносимое из котла-утилизатора соответственно холодной и горячей водой.

$$Q_2 = 226 \cdot 4,19 (13 + 273) = 270824,84 \text{ кДж/ч.}$$

$$Q_4 = 226 \cdot 4,19 (80 + 273) = 334269,82 \text{ кДж/ч.}$$

Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица – Расчет теплового баланса котла-утилизатора

Приход	кДж/ч	Расход	кДж/ч
1. Тепло, вносимое горячим газом	331379,10	1. Тепло, уносимое охлажденным газом	251365,1
2. Тепло, вносимое холодной водой	270824,84	2. Тепло, уносимое горячей водой	334269,82
		3. Потери тепла в окружающую среду	16568,96
Итого	602203,94	Итого	602203,88

**Правила оформления  
списка использованных источников**

***Книга одного автора***

Швец, А. И. Газодинамика ближнего следа [Текст] / А. И. Швец. – Киев: Наука, 1976. – 384 с.

***Книга двух или трех авторов***

Крючков, И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций [Текст] / И. П. Крючков, Н. И. Иванов, Б. Н. Петров. – М.: Энергия, 1978. – 456 с.

***Книга четырех авторов***

Математические методы исследования [Текст] / Ю. М. Ермолаев, И. И. Ужов, З. С. Михалев, Г. С. Кузнецов. – Киев: Вища школа, 1981. – 311 с.

***Книга пяти и более авторов***

Диффузионные процессы в металлах [Текст] / Ю. В. Коноплев, В. И. Бьюн, Е. И. Леонтьев и др.; под ред. Ю. В. Коноплева. – М.: Металлургия, 1986. – 153 с.

***Учебники, учебные пособия***

Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов [Текст]: учеб. пособие / В. И. Феодосьев. – М.: Наука, 1970. – 544 с.

***Методические указания***

Королева Л. Ф. Теория и практика газового анализа «Отбор проб, хранение и дозирование. Методы сушки и очистки газов. Определение влажности и запыленности газов и воздуха» [Текст]: методические указания к лабораторному практикуму для студентов специальностей 320700 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и 330200 «Инженерная защита окружающей среды» очного, заочного и очно-заочного отделений / Л. Ф. Королева. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – Ч. I. – 56 с.

***Многотомные издания***

Савельев, И. В. Курс общей физики [Текст]: учеб. пособие для студентов вузов: в 3 т. / И. В. Савельев. – 2-е изд. – М.: Наука, 1982. – 114 с.

***Переводные издания***

Гроссе, Э. Химия для любознательных [Текст] / Э. Гроссе; пер. с нем. И.И. Сой. – М.: Химия, 1980. – 392 с.

***Статьи из журнала***

Уж, Л. Г. Расчет кинетических процессов [Текст] / Л. Г. Уж, А. Л. Баскаков // Инженерно-физический журнал. – 1972. – № 7. – С. 103-106.

***Статьи из газет***

Бовин, А. А. Разоружение и довооружение [Текст] / А. А. Бовин // Известия. – 1988. – 10 марта.

***Словари***

Библиотечное дело [Текст]: терминолог. словарь / Сост. И. М. Сулова, Л. Н. Уланова. – 2-е изд. – М.: Книга, 1986. – 224 с.

***Стандарты***

ГОСТ 7.1–77. Реферат и аннотация [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 6 с.

или

Реферат и аннотация [Текст]: ГОСТ 7.1–77. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 6 с.

***Электронный ресурс***

Художественная энциклопедия зарубежного классического искусства [Электронный ресурс]. – Итеративный мир (546 Мб). – М.: Большая Рос. энцикл., 1996. – <http://www.bolhay@isau.ru>.