

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ИДО  
\_\_\_\_\_ А.Ф.Федоров  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2005г.

**ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СИСТЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания для  
студентов специальности 280201 «Охрана окружающей среды и  
рациональное природопользование природных ресурсов»  
Института дистанционного образования

<b>Семестр</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Лекции, часов	2	8	6
Лабораторные занятия, часов		18	4
Практические занятия, часов		4	4
Курсовой проект		2	10
Контрольная работа		1, 2	–
Самостоятельная работа, часов		141	136
Формы контроля		экзамен	зачет*

Томск 2005

УДК 621.928.9

Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды: Рабочая программа, метод. указ. и контр. задания для студентов спец. 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» ИДО / Сост. В.Т. Новиков. - Томск: Изд. ТПУ, 2005.- 30 с.

Рабочая программа, методические указания по курсовому проектированию и контрольные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры технологии основного органического синтеза «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2005г.

Зав. кафедрой, доцент, к.х.н. \_\_\_\_\_ В.Г. Бондалетов

#### **Аннотация**

Рабочая программа по дисциплине «Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды» предназначена для студентов специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» ИДО. Данная дисциплина изучается два семестра.

Приведен перечень основных тем дисциплины, указаны перечень лабораторных работ и темы практических занятий. Приведены варианты заданий для контрольных работ и для курсового проекта. Даны методические указания по выполнению контрольных работ и курсового проекта.

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели преподавания дисциплины

Защита окружающей среды, а значит и улучшение качества жизни человека, невозможна без очистных сооружений (ОС) на предприятиях. Естественно предприятию в принципе невыгодно нести финансовые затраты на ОС, но действующее законодательство в развитых странах в различных формах с помощью экономических рычагов вынуждает часть прибыли тратить на очистные сооружения и рекреационные мероприятия. Чаще всего в должностные обязанности инженера-эколога предприятия не входит проектирование и руководство монтажом ОС. Но, поскольку инженер-эколог предприятия отвечает за эффективность работы ОС, он обязан грамотно составить техническое задание на проектирование для выбранной в качестве подрядчика фирмы, уметь грамотно оценить принятые в проекте конструктивные и технические решения, непосредственно контролировать монтажные и пуско-наладочные работы на ОС. Важное значение в работе инженера-эколога также имеет подготовка к проведению испытаний ОС и грамотная их эксплуатация.

В процессе обучения используются знания, полученные студентами при изучении дисциплин общеобразовательного цикла, в наибольшем объеме знания дисциплин:

- Материаловедение. Технология конструкционных материалов.
- Гидравлика и теплотехника.
- Техника защиты окружающей среды.
- Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза.

В связи с этим **целью** данной дисциплины является научить будущего инженера-эколога грамотно подходить к выбору, проектированию и эксплуатации очистных установок для различных производств.

В области оборудования и основ проектирования систем охраны окружающей среды студент **должен иметь представление и знать:**

- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых и используемых конструкций аппаратов и элементов очистных установок;
- основные требования, предъявляемые к технической документации, материалам и изделиям;
- методы проведения технических расчетов и определения экономической эффективности проектных решений ;
- достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в области очистных установок;
- правила и нормы охраны труда, техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты;
- об основных типах конструкционных и вспомогательных

материалов и их маркировке;

- о теоретических основах коррозии и практических методах защиты материалов и установок от неё;
- о назначении и видах вентиляции промышленных зданий и способах аспирации источников загрязнения;
- о руководящих и нормативных документах, регламентирующих проектирование и эксплуатацию очистных установок.

**Уметь использовать** полученные знания для профессиональной деятельности, а именно:

- современные методы и средства инженерной защиты окружающей среды;
- современные разработки эффективных природоохранных мероприятий с учетом экологических, социальных и экономических интересов общества;
- в проведении необходимых мероприятий, связанных с испытаниями природоохранного оборудования и внедрением его в эксплуатацию;
- для проведение экспертиз технической документации, надзора и контроля за состоянием природоохранного оборудования, выявление резервов, установление причин существующих недостатков и неисправностей в его работе, принятие мер по их устранению и повышению эффективности использования;
- для выполнение работ в области научно-технической деятельности по проектированию, организации производства, метрологическому обеспечению, техническому контролю очистных сооружений;
- разработки методических и нормативных материалов, технической документации, а также предложений и мероприятий по осуществлению разработанных проектов и программ по снижению выбросов, сбросов и отходов;
- оценки количественных и качественных характеристик источника сброса и выброса, как исходных данных для проектирования очистных установок;
- выбора метода очистки выбросов, сбросов или обезвреживания токсичных твердых отходов;
- правильного выбора конструкционного материала и его влияния на конструкции аппаратов;
- выбор технических решений для наиболее эффективной защиты очистных установок от коррозии;
- расчета материальных и тепловых балансов аппаратов;
- проектирования аппаратов очистки и всех элементов очистных установок;
- механических и гидравлических расчетов;
- критерии подбора необходимого вспомогательного оборудования;
- разработки и соблюдения правил эксплуатации очистных установок.

## **1.2. Задачи изложения и изучения дисциплины**

Для достижения целей познавательной деятельности студентов в части овладения теоретическими знаниями и практическими умениями при совместном с преподавателем и индивидуальном обучении используется полный набор методического материала: лекции, методические разработки к проведению практических занятий, тесты и контрольные задания для проверки знаний студентов, методические указания и лабораторные установки для выполнения лабораторных работ (по другим дисциплинам специальности), методические разработки к самостоятельной работе студентов по отдельным темам, комплекты заданий для самостоятельной работы студентов, плакаты, промышленные изделия и другие методические разработки кафедры, а также библиотечный фонд кафедры, университета, других организаций и Интернет.

Неотъемлемой частью курса является курсовой проект по расчету очистной установки, при выполнении которого студентами приобретаются конструкторские навыки.

Большое значение для усвоения материала этой дисциплины имеет учебная практика студентов на промышленных предприятиях.

Кроме этого практика позволяет студенту собрать, методики расчета, руководящие документы, чертежи и прочие данные для выполнения курсового и дипломного проекта.

Для закрепления теоретических знаний предусмотрено проведение практических занятий в совместной и индивидуальной (самостоятельной) формах.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **10 семестр**

#### **2.1. Конструкционные и вспомогательные материалы**

Введение. Классификация материалов и металлов. Концентраторы напряжения в химическом машиностроении. Маркировка и свойства чугунов и сталей. Сортамент.

Цветные металлы (алюминий, медь, титан) и их сплавы. Свойства и маркировка. Сортамент.

Огнеупорные, теплоизоляционные, прокладочные, шумоизоляционные, огнеупорные, лакокрасочные и строительные материалы.

Полимерные материалы. Определение, классификация. Основные классы промышленных полимеров. Пластические массы и каучуки. Состав, классификация и свойства.

## **2.2. Коррозия, старение и биоповреждение и борьба с ними**

Процессы коррозии. Классификация процессов коррозии. Защита машин, оборудования и сооружений от коррозии, старения и биоповреждений воздействием на среду и объект.

Процессы старения полимеров. Основные понятия и терминология. Влияющие факторы. Классификация процессов, протекающих при старении полимеров. Методы и средства защиты от старения полимеров.

Процессы биоповреждений. Основные понятия и терминология. Влияющие факторы. Классификация, характеристика и методы исследования биоповреждений. Методы защиты от биоповреждений.

Защита от коррозии в атмосферных условиях. Определение. Классификация. Особенности. Механизм коррозии. Особенности коррозии и защиты в замкнутом пространстве и с ограниченным обменом воздуха. Методы защиты.

Защита от коррозии в почвах и грунтах. Определение. Классификация, особенности, механизм, факторы. Электродренажная, протекторная и катодная защита внешним током. Анодные заземления.

Защита от коррозии в водных средах. Определение. Классификация. Особенности. Механизм коррозии. Факторы. Электрохимическая защита. Защита от коррозии композиционными и лакокрасочными покрытиями, ингибиторами коррозии.

Защита от коррозии в искусственных условиях (специфических средах). Особенности протекания и защита от коррозии при воздействии высоких температур, в агрессивных средах, при сварке, при контакте с сыпучими материалами, местной коррозии (от щелевой, точечной, нитевидной коррозии).

Изнашивание металлов. Износ и износостойкость. Понятие о механическом (абразивное, гидроабразивное, газоабразивное, кавитационное, усталостное, изнашивание при фреттинге и заедании), коррозионно-механическом и электроэрозионном изнашивании.

## **2.3. Устройство промышленной вентиляции**

Основные показатели воздуха в помещении. Пыле-, газо-, тепло-, влаговыведения в промышленности. Назначение, классификация и устройство систем вентиляции в промышленности. Неорганизованный и регулируемый воздухообмен. Назначение и устройство приточной, вытяжной, приточно-вытяжной и приточно-рециркуляционной вентиляции. Общеобменная и местная вентиляция. Механическая и гравитационная вентиляция. Аэрация. Аспирация. Пневмотранспорт. Оборудование для систем вентиляции воздуха. Приточные вентиляционные камеры и воздушные завесы. Воздухонагреватели (калориферы) и отопительно-вентиляционные агрегаты. Критерии выбора методики расчета

воздухообмена в цехах промышленных предприятий. Методология расчета и устройство местных отсосов и аспирации.

## 11 семестр

### 2.4. Основные узлы реакторов и аппаратов

Классификация реакторов и аппаратов очистки. Варианты теплоотвода в реакторах и аппаратах (рубашки, змеевики). Классификация и конструктивное исполнение:

- обечаяек,
- крышек, днищ (отбортованные и неотбортованные, эллиптические сферические, тарельчатые, коробовые, полушаровые и конические);
- фланцев, (классификация по **внешней форме (круглые, квадратные, овальные, прямоугольные и фигурные фланцы); конструкции уплотнительной поверхности (гладкие)**, в виде соединительного выступа, типа “выступ — впадина”, типа “шип—паз”, под металлическую прокладку овального сечения, конической под линзовую прокладку, под металлическую прокладку восьмиугольного сечения); **способу установки** (фланцы аппаратные облегченные, фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов; **конструктивными особенностями и материалам** (плоские приварные; приварные с шейкой; с шейкой, отлитые заодно с аппаратом; свободные (накидные) на отбортовке; свободные на бурте, свободные разборные фланцы.
  - соединительных деталей фланцев (болты, шпильки, откидные болты, зажимы);
  - уплотнений (прокладочные и беспрокладочные). Виды прокладок (плоские (прямоугольного или квадратного сечения), круглого сечения, гофрированные, профильные, линзовые, овального или восьмиугольного сечений, зубчатые, спиральные);
  - штуцера и бобышки, вводы и выходы труб;
  - смотровые окна и люки;
  - опоры, лапы горизонтальных и вертикальных аппаратов;
  - сальниковые уплотнения;
  - Влияние свойств материалов на конструкцию аппаратов и узлов.

Типовые узлы очистных аппаратов и реакторов (газораспределительные решетки, устройства теплообмена, форсунки, горелки, катализаторные полки и тарелки).

Аппараты колонного типа. Классификация в зависимости от рабочего давления, технологического назначения, типа контактных устройств.

Особенности конструкции насадочных колонн. Основные конструктивные характеристики насадок. Типы опорно-распределительных решеток. Варианты загрузки насадки. Гидравлические условия работы насадочных колонн. Эффективность насадочных колонн.

Особенности конструкции тарельчатых колонн. Классификация тарелок по способу передачи жидкости с тарелки на тарелку, по характеру диспергирования взаимодействующих фаз, по конструкции устройств для ввода пара в жидкость. Конструкции барботажных тарелок.

## **2.5. Основные элементы очистных установок**

Основы выбора проектных решений. Технико-экономическая эффективность газоочистных сооружений. Блок-схема газоочистки.

Газоперемещающие устройства, используемые в газоочистке. Вентиляторы и дымососы. Маркировка. Классификация по давлению, назначению, по принципу действия, конструкции и направлению вращения. Особенности конструкции крышных вентиляторов. Аэродинамические характеристики вентиляторов и дымососов. Виды соединений вентиляторов с электродвигателем. Принципы и основные устройства шумоподавления. Методы расчета и подбора вентиляторов. Подбор электродвигателей (мощность, число оборотов, исполнение).

Пыле-газозаборные устройства (работа источника на сеть, воронки, зонты, местные отсосы, бортовые отсосы, укрытия и т. д.).

Газоходы и пылепроводы.

Устройство газоходов. Критерии выбора материала. Конструкции и назначение фасонных частей газохода (переходы, колена, отводы, диффузоры, тройники, утки и прочее). Устройства, предотвращающие отложения пыли в газоходе. Элементы жесткости (зиги, рамки, распоры и т. д.). Термокомпенсация ствола (естественная, линзовые, сальниковые). Газораспределительные устройства. Запорная арматура (шибера, дроссельные заслонки, клапана). Такелажные устройства (серьги, крюки, скобы, цапфы). Крепление газоходов (подвески, седла и т. д.). КИПовские устройства (лючки, штуцера). Расчет сужающих устройств (диафрагмы, шайбы). Назначение, условия применения, расчет и нанесение теплоизоляции.

Изготовление воздухопроводов. Общие положения. Технология изготовления газоходов (сварные, речные, фальцевые, зиговые). Изготовление фальцевых воздухопроводов. Сварные воздухопроводы. Виды сварки и сварочное оборудование. Технология сварки металлических воздухопроводов. Защита воздухопроводов от коррозии. Изготовление фланцев, бандажей, шин и реек. Неметаллические воздухопроводы, их изготовление и монтаж.

Бункера. Типовые конструкции.

## **2.6. Основы проектирования систем охраны окружающей среды**

Цель промышленного строительства, а также расширение, реконструкция и техническое перевооружение действующих объектов материального производства.

Виды и этапы предпроектных работ, необходимые согласования.

Состав и требования к заданию на проектирование. Состав основных исходных данных на проектирование.

Состав исходных материалов, необходимых для проектирования технологической установки основного производства (исходные данные по процессу; утвержденное задание на проектирование; технологический регламент, технические условия проектирования).

Создание технологической схемы установки (производства)-один из важнейших этапов при разработке проекта. Этапы разработки технологической схемы: 1) анализ и обоснование выбранного метода производства; 2) определение перечня технологических операций, намечаемых к реализации на установке, и составление вариантов принципиальных технологических схем; 3) расчет материальных балансов установки по стадиям; 4) расчет тепловых балансов установки по стадиям 4) расчет и выбор технологического оборудования; 5) проектирование обвязки оборудования трубопроводами и вычерчивание рабочей технологической схемы; 6) разработка схем автоматизации технологического процесса.

Технологические задания представителям смежных специальностей (монтажники, теплотехники, электротехники, строители, специалисты по водоснабжению и канализации, отоплению и вентиляции, автоматизации технологических процессов, конструкторы нестандартного оборудования, сметчики и т.д.).

Документация и этапы монтажно-сборочных работ на объектах.

Состав монтажных проектов (аксонометрическая схема, комплектующая ведомость, спецификация материалов, спецификация типовых комплектующих изделий, эскизы ненормализованных фасонных частей воздухопроводов, характеристику материалов, особые условия изготовления или монтажа, типы защитных покрытий).

Проекты производства работ (ППР), включающие пояснительную записку, технико-экономические показатели проекта, календарный план производства работ и графики поставки на объект оборудования, изделий, материалов, указания по производству работ и технике безопасности, технологические карты или схемы производства работ, комплектующие ведомости укрупненных узлов, элементы планов с нанесением мест установки и креплений оборудования, грузоподъемных средств и стройгенплан.

Последовательность монтажных работ.

### **3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Тематика практических занятий**

**Практические (аудиторные) занятия** посвящаются изучению и проработке методик расчета основных элементов, аппаратов и реакторов очистных установок с использованием и учетом нормативной и руководящей

документации по проектированию (ГОСТы, СНиПы, СанП, РД, ОНД и т.д.) очистных установок. Занятия проводятся в двух формах:

1. объяснение типовых методик расчета аппаратов, реакторов, вспомогательного оборудования и элементов очистных установок и выполнение соответствующих расчетов, в том числе и с применением ПК, или у доски;

2. самостоятельная работа студентов с использованием литературы и консультаций преподавателя при выполнении ими домашних заданий и курсового проекта.

**Темы, выносимые на практические занятия**

### **10 семестр**

1. Расчет аэродинамических характеристик газовых потоков и оценка влияния параметров на рассчитываемые характеристики на ПК с помощью электронных таблиц EXCEL (расчет и графические зависимости) и выдача результатов в виде типового акта замеров в редакторе WORD - 4 часа

2. Расчет воздухопроводов и пылегазопроводов - 2 часа.

### **11 семестр**

3. Подбор и расчет вентиляторов – 2 часа.

4. Расчет аппаратов сухой пылеочистки - 4 часа.

## **3.2. Перечень лабораторных работ**

### **10 семестр**

### **11 семестр**

## **4. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ**

### **4.1. Общие методические указания**

Согласно учебному плану студенты по данному курсу выполняют две контрольных работы. Объем, вид и количество контрольных работ определяется преподавателем на основании учебного плана каждой группы. Оформление контрольных работ осуществляется по правилам СП ТПУ.

Выбор варианта контрольных работ определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки или по порядковому номеру студента в группе.

### **4.2. Варианты контрольных заданий**

#### **4.2.1. Контрольная работа № 1**

Первая контрольная работа заключается в поиске в литературе конструктивных исполнении аппаратов очистки и методов их расчета.

Контрольная работа должна содержать следующие разделы: введение, принцип работы аппарата, конструктивное исполнение аппаратов, методики расчета аппарата, списка использованной литературы.

Ниже приводятся темы первой контрольной работы

1. Конструктивное исполнение и принципы расчета пылеосадительных камер.
2. Конструктивное исполнение и принципы расчета циклонов.
3. Типы реакторов для каталитической очистки газов.
4. Конструктивное исполнение и принципы расчета ротационных пылеуловителей.
5. Конструкции и расчет коагуляторов.
6. Конструктивное исполнение и принципы расчета мокрых циклонов.
7. Принципы расчета аппаратов Вентури.
8. Аппараты для электрофлотации и их расчет.
9. Конструктивное исполнение циклонно-ротационного пылеуловителя.
10. Конструктивное исполнение и принципы расчета воздушных (туманоуловителей) фильтров.
11. Конструктивное исполнение и принципы расчета зернистых фильтров.
12. Конструкции и расчет биофильтров.
13. Конструктивные особенности электрофильтров и их классификация.
14. Конструкции насадочных абсорберов со сплошной и послойной загрузкой насадки и их расчет.
15. Конструкции и расчет аэротенков.
16. Конструкции и расчет пенно-вихревых аппаратов.
17. Аппараты аэробной очистки сточных вод и их расчет.
18. Конструкции факельных установок и их расчет.
19. Конструкции абсорберов с неподвижным слоем адсорбента.
20. Принципы и механизмы регенерации фильтров.
21. Конструкции абсорберов с кипящим слоем адсорбента и их расчет..
22. Конструкции абсорберов с виброкипящим слоем адсорбента.
23. Конструктивное исполнение и принципы расчета батарейных циклонов.
24. Конструкции камерных печей и методология их расчета.
25. Конструкции печей с использованием циклонного принципа сжигания газов.
26. Конструкции абсорберов с движущимся слоем адсорбента и их расчет.
27. Устройство регенеративных установок термического обезвреживания и их расчет.
28. Устройство аппаратов для электродиализа и их расчет.

29.Методика выбора вентилятора и расчет мощности двигателя для него.

30.Конструктивные особенности флотаторов.

31.Конструктивные особенности электрокоагулятора и принципы его расчета.

32.Аппараты анаэробной очистки сточных вод и их расчет..

33.Конструкции абсорбционных аппаратов с подвижной насадкой и их расчет.

34.Конструктивные особенности экстракторов и их расчет.

35.Конструктивное исполнение и принципы расчета ударно-струйных пылеуловителей.

36.Принципы расчета пылегазоходов.

#### **4.2.2. Контрольная работа № 2 «Определение аэродинамических характеристик газового потока»**

Исходные данные различных вариантов для расчетов приведены в таблице 1 (см. раздел 5.2). Параметры, которые необходимо рассчитать в таблице указаны знаком «?».

При выполнении этого задания можно пользоваться нижеприведенными формулами и описанием.

Плотность газа при рабочих условиях определяют по формуле

$$\gamma_T = 0,359 \cdot \gamma_0 \cdot (P \pm \Delta P) / (273 + t) \quad (1)$$

где  $\gamma_0$  — плотность газа при нормальных условиях ( $t_0 = 0$  °С,  $P=760$  мм рт. ст.)  $кг/м^3$ ;  $\Delta P$  — избыточное давление (разрежение) газа в газоходе, мм рт. ст.;  $t$  - температура газа в газоходе, °С;  $P$  — атмосферное давление, мм рт. ст.

Для приближенных расчетов плотность дымовых газов принимают равной плотности воздуха ( $\gamma_0 = 1,29$   $кг/м^3$ ).

Количество газа, проходящего в газоходе в единицу времени, рассчитывается по средней скорости газа в газоходе и площади его сечения по формуле

$$V = 3600 \cdot F \cdot W \quad (2)$$

где  $V$  — объемный расход газа в рабочих условиях,  $м^3/ч$ ;  $W$  — скорость газа в газохода,  $м/с$ ;  $F$  — площадь сечения газохода,  $м^2$ .

Во многих случаях объем газа необходимо привести к нормальным условиям:

$$V_0 = 0,36 \cdot V \cdot (P \pm \Delta P) / (273 + t), \text{ нм}^3/\text{час} \quad (3)$$

**Пример.** Найти:

1. рабочий объемный расход дымовых газов;
2. массовый расход дымовых газов;
3. концентрацию пыли;
4. скорость дымовых газов в газоходе.

Если известны:

- приведенный объем к нормальным условиям расход дымовых газов – 24500 нм<sup>3</sup>/час;
- атмосферное давление-730 мм рт. рт.;
- температура дымовых газов-240<sup>0</sup>С;
- разрежение в газоходе –140 мм вод. ст.;
- массовый расход пыли-900 мг/с;
- размеры газохода 800х400 мм.

Из формулы 3 находим рабочий объемный расход дымовых газов  
 $V = V_0(273 + t)/[0,36*(P \pm \Delta P)]=24500(273+240)/[0,36(730-140/13,60)]=$   
 $= 48509,12 \text{ м}^3/\text{час}$

Для вычисления массового расхода необходимо вычислить плотность дымовых газов при рабочих условиях по формуле 1

$$\gamma_T = 0,359 * \gamma_0 * (P \pm \Delta P) / (273 + t) = 0,359 * 1,29(730 - 140 / 13,60) / (273 + 240) =$$
$$= 0,6471 \text{ кг/м}^3$$

Массовый расход газа определяется по формуле

$$G = V \gamma_T = 48509,12 * 0,6471 = 31390,25 \text{ кг/час.}$$

Скорость дымовых газов в газоходе определяется из формулы 2

$$W = V / (3600 * F) = 48509,12 / (3600 * 0,4 * 0,8) = 42,1 \text{ м/с.}$$

Концентрация пыли при нормальных условиях определяется по формуле

$$C_{\text{п}} = 3600 * G_{\text{п}} / V_0 = 3600 * 900 / 48509,12 = 66,79 \text{ мг/нм}^3 = 0,066 \text{ г/нм}^3.$$

## 5. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект студентами **выполняется самостоятельно** под общим руководством преподавателя выпускающей кафедры. Руководитель также консультирует проектанта по отдельным вопросам при выполнении проекта.

### 5.1. Цели и задачи курсового проектирования

Выполнение курсового проекта по курсу «Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды» на основе материалов производственной практики на предприятиях различного профиля является важным элементом обучения будущих дипломированных специалистов (инженеров – экологов).

Целью выполнения курсового проекта является приобретение навыков проектных работ в области техники охраны окружающей среды, а именно:

- Закрепление, расширение и использование знаний, полученных за предыдущий период учебы.
- Работа с нормативной документацией, справочниками и другой технической литературой.
- Выбор критериев метода очистки.

- Составление технико-экономического обоснования на проектирование очистных установок.
- Выбор норм технологических параметров эксплуатации очистных установок.
- Поиск или расчет необходимых физико–химических, теплофизических и других необходимых при проектировании характеристик веществ.
- Выбор методик расчета аппаратов, реакторов и вспомогательного оборудования.
- Выбор и обоснование методик анализа загрязняющих веществ.
- Чтение строительных, строительного-монтажных, технологических, аппаратных чертежей, планов размещения оборудования, операционных схем, имеющихся на предприятии.
- Самостоятельное выполнение планов размещения оборудования с соблюдением строительных и санитарных норм.
- Трассировка пылегазопроводов, водоводов.
- Выбор конструкционных материалов, исходя из свойств и параметров очищаемых потоков.
- Выбор методов защиты оборудования от коррозии.
- Техника монтажа оборудования.
- Обоснование правил эксплуатации очистных установок.

## **5.2. Тематика курсового проекта**

Несмотря на большое многообразие очистных установок, используемых в различных отраслях промышленности, темы курсовых проектов можно свести к следующим типам:

- Проект пылегазоочистной установки (ПГУ).
- Проект газоочистной установки (ГОУ).
- Проект пневмотранспортной установки.
- Проект аспирационной установки.
- Проект очистных сооружений (сбросов).

Проект ПГУ может быть выполнен, например, для котельной, участков, цехов и отделений предприятий пищевой, строительной, металлургической, химической промышленности и т. д.

Проект ГОУ может быть выполнен, например, для котельной, ТЭЦ, ГРЭС, химических и других производств, т. е. для тех производств, где выделяются газообразные или парообразные вещества, потоки которых также могут загрязнены твердыми частицами. В последнем случае возможно использование двухступенчатой установки. В первом аппарате проводится очистка дымовых газов от твердых частиц, а во втором от газообразных загрязняющих веществ.

Проект пневмотранспорта может быть выполнен, например, для участков деревообрабатывающих, мукомольных производств,

комбикормовых заводов, предприятий строительных материалов, т.е. предприятий, где осуществляется транспортировка сыпучих материалов с помощью воздуха.

Проект аспирационной установки выполняется для тех производств, где в процессе транспортировки, пересыпки, разгрузки, загрузки, обработки и других операций над материалами выделяется пыль. Эта пыль с помощью различных устройств отсасывается от места образования и далее в ПГУ отделяется от воздуха, который после такой очистки сбрасывается в атмосферу. Аналогично может быть выполнен проект при аспирации газовых выбросов.

Проект очистных сооружений (сбросов) может включать расчет различных аппаратов очистки сбросов (песколовки, нефтеловушки, аэротенки, электрокоагуляторы и другие аппараты).

Таблица 1

Исходные данные для выполнения второго контрольного задания.

Исходные	Номер варианта														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Численные данные параметров														
Размеры газохода:															
Высота, мм	200	-	-	400	100	1200	-	-	-	300	400	300	-	-	-
Ширина, мм	500	-	-	800	200	800	-	-	-	600	900	250	-	-	-
Диаметр, мм	-	1000	800	-	-	-	1200	1000	600	-	-	-	500	600	700
Объемный расход при рабочих условиях, м <sup>3</sup> /час	12000	14000	1600	?	?	18000	?	46000	?	?	9600	?	9200	?	?
Объемный расход при нормальных условиях, нм <sup>3</sup> /час	?	?	?	20000	?	?	84000	?	?	44000	?	?	?	12000	80000
Скорость дымовых газов в газоходе, м/с	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
Атмосферное давление, мм рт. ст.	730	734	738	742	756	746	752	758	760	761	768	770	744	766	764
Температура газа, Т <sup>0</sup> С	80	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	400	450	480
Давление в газоходе, мм вод. ст.	122	144	-28	-65	26	170	-120	-140	78	134	156	-200	-180	-210	210
Массовый расход газа, кг/час	?	?	?	?	6000	?	?	?	8000	?	?	16000	?	?	?
Массовый расход пыли, мг/с	800	1100	?	1500	400	1400	?	?	2600	?	2800	?	3200	4000	?
Содержание пыли, г/нм <sup>3</sup>	?	?	80	?	?	?	12	19	?	34	?	64	?	?	28

Ихоньднъдьявонияворокронозидия

Ихоньднъ	Нумарата														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Чисньднъсмерв														
Рамфгаоод															
Вса,м	20	-	-	40	100	120	-	-	-	30	60	30	-	-	-
Цри,м	60	-	-	100	40	80	-	-	-	60	90	60	-	-	-
Дамр,м	-	100	90	-	-	-	110	140	60				50	90	80
Обмьрхсд прибж уствя,м <sup>3</sup> /чс	1200	1400	160	?	?	1800	?	4600	?	?	960	4600	?	?	?
Обмьрхсд принрмнъх уствя,м <sup>3</sup> /чс	800	?	?	?	?	700	?	?	?	?	?	1900	?	1200	8000
Срсьдмъх гаовгаоде,мс	?	?	?	?	?	?	14	?	?	8	?	?	6	?	?
Амфрне двнъ,мр.с.	73	74	78	72	76	76	72	78	70	71	78	70	74	76	74
Темпурата, °С	?	12	14	16	18	?	22	24	26	28	30	?	40	40	40
Двнъвгаоде, мвд.с.	12	14	-8	-6	20	17	-12	-14	9	14	18	-20	-15	-24	20
Масвьрхсд газ,м <sup>3</sup> /чс	?	?	?	?	600	?	?	?	1200	?	?	1600	?	?	?
Масвьрхсд пыл,м/с	90	200	?	180	50	180	?	?	240	?	480	?	320	500	?
Сржнепыл г/м <sup>3</sup>	?	?	180	?	?	?	4	19	?	34	?	64	?	?	68



### **5.3. Состав и общие требования к курсовому проекту**

Проект по данному курсу состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Графическая часть состоит из трех листов формата А1, которые содержат план размещения оборудования и аэродинамическую схему очистной установки (два вида плана размещения оборудования с газоходами) или технологическую схему, а также сборочный чертеж основного аппарата и лист со сборочными единицами (узлами). Например для сухой ПГУ сборочный чертеж – это циклон с бункером, постаментом, с обслуживающей площадкой и вплоть до фундамента. Все чертежи выполняются в соответствии с требованиями ЕСКД (условные обозначения аппаратов, сварки, соотношение толщин линий и т. д.). Также можно пользоваться стандартом ТПУ, в том числе и при оформлении расчетно-пояснительной записки.

### **5.4. Содержание расчетно-пояснительной записки**

Объектами курсового проекта могут быть участки, цеха, отделения очистка выбросов которых осуществляется в одной очистной установкой (ОУ) или какая либо часть комплекса очистных сооружений.

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта обычно содержит следующие разделы:

- Введение.
- Технико-экономическое обоснование.
- Теоретическая часть.
- Характеристика основного производства.
- Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ.
- Материальный баланс аппаратов очистной установки.
- Аппаратурный расчет.
- Тепловые расчеты (тепловой баланс).
- Гидравлический (аэродинамический) расчет.
- Механический расчет.
- Контрольно-измерительные приборы и автоматизация работы очистной установки,
  - Аналитический контроль работы ОУ.
  - Охрана окружающей среды.
  - Охрана труда и техника безопасности.
  - Экономическая часть.
  - Список использованных литературных источников.

В данном методическом указании приводится ориентировочный перечень разделов расчетно-пояснительной записки курсового проекта и глубина их проработки (уточнения производятся по согласованию с руководителем курсового проекта от выпускающей кафедры).

### **5.4.1. Введение**

Цель раздела охарактеризовать отрасль промышленности, предприятие, производство, являющиеся объектом курсового проектирования, как источника загрязнения окружающей среды. Также желательно рассмотреть главные проблемы данной отрасли в области охраны окружающей среды и перспективные пути и стратегию их решения.

### **5.4.2. Техничко-экономическое обоснование**

В этом разделе необходимо рассмотреть вопросы загрязнения окружающей среды данным предприятием, оценить валовые выбросы основных загрязняющих веществ (ЗВ) и показать необходимость использования очистных установок. Произвести выбор и обоснование метода очистки исходя из свойств загрязняющих веществ и особенностей основной технологии производства.

### **5.4.3. Теоретическая часть**

В этом разделе желательно рассмотреть следующие вопросы:

- Теоретические аспекты используемых процессов, технологий основного производства.
- Процессы образования ЗВ в производстве и их поведение в окружающей среде.
- Методы защиты биосферы от техногенных ЗВ в данной отрасли промышленности.
- Принцип действия и теоретические основы работы выбранного типа проектируемого аппарата очистки.

Если целью курсового проекта является ПГУ котельной, то в этом разделе рассматриваются виды топлива, теории их происхождения, состав. Далее рассматриваются процессы и условия сгорания топлива и образования ЗВ при этом. Принципы действия и классификации котлов. После этого дается характеристика методов очистки дымовых газов от сажи и газообразных продуктов сгорания. Приводится также описание принципа действия и теоретических основ работы циклона (электрофилтра или иного аппарата), т. е. тех аппаратов, которые являются объектом расчета в курсовом проекте.

В качестве второго примера рассмотрим вариант теоретической части в случае ПГУ пневмотранспорта деревообрабатывающего участка. В начале нужно рассмотреть основы процессов обработки древесины и других материалов, используемых в проектируемом производстве (пиление, строгание, фрезерование, шлифование, лакирование, склеивание и т.д.). Затем описывается строение и состав используемых материалов и процессы образования ЗВ из них при применяемых процессах обработки. Описание остальных двух подразделов типовое.

Например, для сварочного производства в теоретической части необходимо рассмотреть назначение сварки, её виды, теоретические основы сварки, подготовительные операции, устройство электродов. Принципы действия используемого оборудования, механизм образования загрязняющих веществ и их характеристики, поведение ЗВ в окружающей среде. Рассмотреть основные способы очистки воздуха от сварочного аэрозоля и принципы работы выбранного типа аппарата очистки, а также влияние различных параметров на эффективность его эксплуатации.

#### **5.4.4. Характеристика основного производства**

Этот раздел обычно включает следующие подразделы:

- Сырье и его характеристики.
- Описание технологической схемы или операционной карты.
- Характеристика источников загрязнения.
- Система аспирации, вентиляции участка, цеха.

Например, в случае проекта ПГУ котельной приводятся характеристики топлива из сертификата качества (паспорта) и справочных данных. Далее рассматривают технологическую цепочку от разгрузки топлива из транспорта на складе и далее до дымовой трубы. Также приводят технические и эксплуатационные характеристики котлов и другого используемого оборудования.

Например, для арматурного цеха завода железобетонных конструкций описание технологической цепочки начинают со склада металла, способа транспортировки металла в цех. Далее рассматриваются технологии заготовительного отделения (рубка заготовок, резка листов (гильотина, пресс, газорезка и т. д.), способы транспортировки полученных заготовок в следующее отделение, где производится сварка арматурной сетки, закладных деталей и других узлов и конструкций на сварочных постах, станках и по месту. Рассматриваются также технологии участка антикоррозионного покрытия закладных деталей (цинкования или другие способы). Не забывают также о наличии вспомогательных участков (слесарный, механический, ремонтный и т. д.). Приводятся марки используемых электродов, сталей, и их характеристики.

Характеристика источников загрязнения включает марки, назначение и принцип работы станков, устройств и другие необходимые в дальнейшем характеристики. Рассматриваются также возможные способы удаления загрязняющих веществ из зоны их образования.

#### **5.4.5. Инвентаризация выделяющихся загрязняющих веществ**

Цель раздела - определить качественный и количественный состав выделяющихся в производстве ЗВ, поступающих на очистку. В зависимости от конкретного производства это возможно:

- Из материального баланса производства.

- Из данных инструментальной инвентаризации.
- По методикам расчета выбросов, сбросов.
- Расчетным путем.
- Из справочных данных об аспирации.

Например, для химических производств, возможен расчет инвентаризации из материального баланса производства и аппаратов.

Такие производства как асфальтобетонные, шпалопродиточные заводы, коптильни продуктов и им подобные должны иметь инструментальную инвентаризацию, так как для них отсутствуют материальные балансы с точки зрения экологов, а также нет утвержденных методик расчета выбросов и сбросов.

Для многих операций, процессов имеются методики расчета валовых, максимально-разовых выбросов (топливосжигающие агрегаты, процессы нанесения лакокрасочных материалов, процессы пищевой промышленности, транспорт и тому подобное).

В ряде случаев можно рассчитать необходимое количество аспирируемого газа и пыли (аспирация размольно-дробильных отделений, узлы пересыпки на конвейерах, норях, течи бункеров и аппаратов, аспирация различного оборудования с помощью зонтов, отсосов и т.д.).

Можно также воспользоваться справочными данными о минимальных объемах отсасываемого воздуха при аспирации от различного вида оборудования и содержания в нем ЗВ.

Все расчеты сводятся в таблицы, пример которых приведен в таблице 2 и 3.

#### **5.4.6. Материальный баланс аппаратов очистных установок**

Проводятся расчеты материальных балансов всех аппаратов и реакторов очистных установок. Данные расчетов сводятся в таблицы, пример которых приведен в таблице 3 и 4.

#### **5.4.7. Аппаратурный расчет**

Целью данного раздела является расчет габаритных размеров аппарата очистки. Вначале проводится:

**Выбор и обоснование аппарата очистки.** Поскольку метод очистки был выбран в технико–экономическом обосновании, то:

Таблица 2

## Инвентаризация ЗВ

Выделение ЗВ				Выход на очистку					
№	Наименование потока	Количество		Содержание, %	№	Наименование потока	Количество		Содержание, %
		Нм <sup>3</sup> /час	Кг/час				Нм <sup>3</sup> /час	Кг/час	
1	Газы пропарки цистерн, в том числе:			100	1	Газы на очистку, в том числе:			100
	азот					азот			
	метанол					метанол			
2	Газы дыхания емкости V-122, в том числе:			100		бутанол			
	азот								
	метанол								
3	Газы дыхания емкости V-123, в том числе:			100					
	азот								
	метанол								
	бутанол								
ВСЕГО				100	ВСЕГО				100

Таблица 3

## Инвентаризации выбросов ЗВ при аспирации.

№ позиции	Тип оборудования	К-во	Назначение	Наименование ЗВ,	Справочный объем аспирируемого газа с единицы оборудования, м <sup>3</sup> /час	Массовый расход пыли с единицы оборудования, мг(г)/с.	Общий объем аспирируемого газа, м <sup>3</sup> /час	Общий расход пыли, мг(г)/с.	Концентрация ЗВ в потоке, Мг(г)/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ВСЕГО									

Таблица 4

Образец материального баланса реактора окисления ЗВ.

ПРИХОД				РАСХОД			
№	Поток	Кг/час	%	№	Поток	Кг/час	%
1	Газы на очистку, в том числе:		100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:		100
	1.1				1.1. Двуокись углерода		
	1.2.				1.2. Кислород		
	1.3.				1.3. Аргон		
2	Воздух, в том числе:		100		1.4.		
	2.1. Кислород		23,1		1.5.		
	2.2. Азот		75,6	2	Кондесат, в том числе:		100
	2.3. Аргон		1,28		2.1.		
	2.4. Двуокись углерода		0,04		2.2.		
	2.5. xxxxxxxx		xxx	3	Шлам, в том числе:		100
ВСЕГО				ВСЕГО			

**Примечание:** В большинстве случаев объемные характеристики потоков ( $\text{м}^3/\text{час}$ ,  $\text{г}/\text{м}^3$  и т. д.) желательно не использовать в виду их зависимости от температуры и давления.

Таблица 5

Образец материального баланса циклона

ПРИХОД				РАСХОД			
№	Поток	Кг/час	%	№	Поток	Кг/час	%
1	Газы на очистку, в том числе:	4500	100	1	Сбрасываемые газы, в том числе:	4452	100
	1.1. Воздух	4000	88,9		1.1. Воздух	4000	89,8
	1.2. пыль	50	11,1		1.2. Пыль	2	10,2
				2	Пыль в бункере	48	100
Всего		4500		Всего		4500	

**На основании:**

- Характеристик загрязняющих веществ (агрегатное состояние, дисперсность, слипаемость, плотность, растворимость и т. д.).
- Характеристик источника загрязнения (температура, давление и т. д.).

### **Необходимо сделать:**

- Выбор схемы очистки.
- Выбор типа (конструкции) очистного аппарата.

### **После этого необходимо провести следующие расчеты:**

- Конструктивный расчет аппарата.
- Расчет вспомогательных устройств аппарата (тарелки, форсунки, бункера и т.д.).

Конструктивный расчет реактора начинают с определения реакционного (рабочего) объема, объема катализатора, количества теоретических тарелок и т. д. Например, при расчете выбранного типа циклона используются данные инвентаризации и по методике определяют диаметр, а далее из справочных таблиц определяют все необходимые размеры аппарата. В случае, например, фильтров, производится расчет необходимой поверхности фильтрования, далее выбирается типовой фильтр, для которого в справочниках приводится конструктивное исполнение и все необходимые размеры.

Производится также расчет или подбор внутренних устройств аппарата (тарелки различного назначения, газораспределительные устройства, форсунки, теплообменники и т. д.), которые могут также определять габаритные размеры и конструкцию, например, реакторов. Без расчета, например, бункера для циклона или другого аппарата невозможно определить отметку по высоте расположения основного аппарата, а значит, и произвести трассировку газохода и гидравлический расчет сети.

### **5.4.8. Тепловые расчеты (баланс)**

Тепловые расчеты в зависимости от конкретного производства возможны в следующих вариациях:

- Тепловой баланс аппарата, реактора.
- Расчет температур потоков, предотвращающих конденсацию влаги.
- Тепловой баланс участка (расчет необходимого тепла для тепловых завес или кондиционирования).
- Расчет теплоизоляции газоходов и аппаратов (ПГУ котельных, ТЭЦ).

Проектанту необходимо учитывать влияние температуры и давления на физико-химические и термодинамические свойства веществ.

### **5.4.9 Гидравлический расчет**

Целью данного раздела является расчет гидравлического сопротивления всей сети с целью подбора вентилятора, насоса и включает в себя следующие стадии:

- Гидравлический расчет аппаратов очистки.
- Гидравлический расчет газопроводов, пылегазопроводов, канализации, лотков и т. д.

- Подбор вентилятора, насоса, дымососа, и т.д.

Прежде чем произвести гидравлический расчет газопроводов, пылегазопроводов, канализации, лотков и прочего необходима компоновка оборудования.

Для выполнения этой задачи желательно иметь:

- Характеристику и строительные чертежи производственного здания, корпуса.
- Габаритные размеры установленного оборудования.
- План размещения оборудования, станков, аппаратов.

После этого можно приступить к первому этапу:

- Трассировка пневмотранспорта, газоходов, пылегазопроводов, соединяющих источник загрязнения с аппаратом газоочистки, или трассировка канализации, трубопроводов, если курсовой проект - очистка сбросов.

В случае самостоятельного составления плана размещения основного оборудования и трассировки газоходов необходимо учитывать пространство для эксплуатации и ремонта оборудования, санитарно-гигиенические условия работы персонала, транспортные пути в цехе (конвейера, кары, мостовые краны). Необходимую информацию можно также найти в СНиП и СанП. Для подсчета гидравлического сопротивления сети, после трассировки, составляют спецификацию (комлектацию) прямиков и фасонины с указанием количества, размеров и значений местных сопротивлений.

Таблица 6

Комплектовочная ведомость

№	Номера по аэродинамич. схеме	Эскиз	Наименование детали	Размеры, мм		Длина, мм	Количество	Материал
				Высота	ширина			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2,6,7-10,14	—	Прямой участок	200	400	1400	7	Лист, $\delta=0,7$

#### 5.4.10. КИП и автоматизация очистной установки

На технологической схеме указывают контура регулирования и измерения параметров эксплуатации очистной установки. Соответствующие приборы приводят в спецификации в расчетно-пояснительной записке.

#### 5.4.11. Аналитический контроль работы очистных установок

В зависимости от обстоятельств возможны следующие варианты:

- Описание методик определения эффективности работы очистных установок.

- Описание методик аналитического определения количества загрязняющих веществ.
- Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ.

#### **5.4.12. Охрана окружающей среды**

В этом разделе приводятся валовые значения образующихся на производстве ЗВ и приводятся методы их улавливания, хранения, утилизации и т. д. (желательно оформлять в виде таблицы).

#### **5.4.13. Техника безопасности**

Обычно в этом разделе рассматривают:

- Токсикологические характеристики загрязняющих веществ.
- Пожаро - взрывоопасные свойства загрязняющих веществ.
- ТБ при эксплуатации и аттестации очистных сооружений.
- Методы защиты обслуживающего персонала от производственных вредностей.

#### **5.4.14. Список используемой литературы**

Раздел оформляется в соответствии стандартом ТПУ.

При выполнении курсового проекта можно также пользоваться пособием для дипломного проектирования [41].

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В каталоге НТБ ТПУ отсутствуют учебники или учебные пособия, включающие все разделы рабочей программы по курсу «Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды». Поэтому при изучении определенного раздела программы рекомендуется пользоваться литературными источниками, приведенными ниже. На кафедральном сервере имеются более 20 методик и программ расчета аппаратов и реакторов очистных установок.

### **6.1. Литература обязательная**

1. Балабеков О. С. Очистка газов в химической промышленности: Процессы и аппараты / О. С. Балабеков, Л. Ш. Балтабаев.- М: Химия, 1991.- 250 с.
2. Белевицкий А.М. Проектирование газоочистных сооружений. - М.: Химия, 1990. -288 с.
3. Козлов Ю.С. Материаловедение. – М.: Агар, 1999. – 181 с.
4. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П. Оборудование, сооружения, основы проектирования химико-технологических процессов защиты биосферы от промышленных выбросов. - М.: Химия, 1985. - 352 с.
5. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: Справочник / А. С. Тимонин; Московский государственный университет инженерной

экологии. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001- Т. 1.-2001.-756 с. Т. 3.-2001.-960 с.

6. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. В 3-х томах-Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003.

### **6.2. Литература дополнительная**

7. Вавальский М.М., Чебан Ю.М. Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий. – Кишинева: Штиинца, 1990. – 211 с.

8. Ильичев В. Д., Бочаров Б. В., Горленко М. В. Экологические основы защиты от биоповреждений. - М.: Наука, 1995. - 248. с.

9. Исаев М.И. Теория коррозионных процессов: Учебник. – М.: Металлургия, 1997. – 344 с.

10. Кузнецов М.В., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. - М.: Недра, 1992. - 238 с.

11. Курсовое и дипломное проектирование по вентиляции гражданских и промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.

12. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1990. - 528с.

13. Обеспыливание промышленных газов / Э. М. Соколов, Н. И. Володин, О. М. Пискунов и др.— Тула: Гриф и К, 1997.—376 с.

14. Плудек В. Защита от коррозии на стадии проектирования: Пер. с англ. / Под ред. А. В. Шрейдера. - М: Мир, 1980. - 438 с.

15. Справочник по пылезолоулавливанию /М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 312 с.

16. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергия, 1975. - 524 с.

17. Кузнецов М.В., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров . - М.: Недра, 1992. - 238 с.

18. Горочешников Н.С., Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 1981. -368 с.

19. Штокман Е.А. Очистка воздуха. – М.: АСВ, 1999. – 319 с.

### **6.3. Учебно-методические пособия**

20. Афонин Ю.М. Конструктивные элементы систем вентиляции и их подбор: Учеб. пособ. - Саратов: Изд. СПУ, 1977. - 62 с.

21. Бекин Н. Г. Сборник задач по расчету машин и аппаратов химических производств: Учебное пособие для вузов / Н. Г. Бекин, В. А. Немытков, С. Ф. Стусь.- М: Машиностроение, 1992.-206 с.

22. Бочкарев В. В. Теоретические основы технологических процессов охраны окружающей среды: Учебное пособие / В. В. Бочкарев; Томский

политехн. ун-т; ИДО.- Томск: Изд-во ТПУ, 2002.-125 с.

23.Бочкарев В. В, Ляпков А.А. Выполнение графической части курсового и дипломного проектов. Учебн. пос.– Томск: ТПУ. 1997. – 56 с.

24.Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности: Учебное пособие для вузов / Е. А. Штокман, В. А. Шилов, Е. Е. Новгородский и др.; Под ред. Е. А. Штокмана.- М.: Изд-во АСВ, 2001.-688 с.

25.Егиазаров А.Г. Устройства и изготовление вентиляционных систем: Учеб. пособ. - М.: Высшая школа, 1987. - 303 с.

26.Егоров Ю.П., Лозинский Ю.М., Роот Р.В., Хворова И.А. Материаловедение. Учеб. пособ. – Томск: ТПУ, 1999. - 160 с.

27.Захарченко Н.Ф., Гончарук Е.И., Кошелев Н.Ф. и др. Защита окружаю-щей среды от техногенных воздействий. Учебное пособие / Под общей ред. Г. Ф. Невской.– М.: Изд-во МГУ, 1993. – 216 с.

28.Инженерная защита окружающей среды. Очистка вод. Утилизация отходов / Под ред. Ю.А. Бирмана, Н.С. Вурдовой.- М.: Высшая школа, 2002. – 254 с.

29.Инженерная охрана окружающей среды: Учебное пособие для вузов. / Б.И Горбунов, А.В Козлов, Г.Б Ионова и др.- 2-е издание, перераб. и доп. - Нижний Новгород: НГСА, 2003.- 116 с.

30.Инженерная защита окружающей среды: Учебное пос. для студентов вузов / Н. Н. Воробьев. - СПб.: Лань, 2002.- 288 с.

31.Кравцов В. В. Коррозия и защита конструкционных материалов. Принципы защиты от коррозии: Учебное пособие для вузов / В. В. Кравцов.- Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999.-157 с.

32.Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие для хим.-технол. и биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1998. – 287 с.

33.Никулина И.М. Технические средства защиты окружающей среды. Учебное пособие.- М.: МИЭТ, 2002.-322 с.

34.Семенова И. В. Коррозия и защита от коррозии: Учебн. пособие / И. В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов.- М.: Физматлит, 2002.- 336 с.

35.Соколова И.Ю. Насосы, вентиляторы. - Томск: ТПУ, 1992. - 98 с.

36.Ильичев В. Ю. Основы проектирования экобиозащитных систем: Учебное пособие / В. Ю. Ильичев, А. С. Гринин; Под ред. А. С. Гринина.-М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002.-207 с.

37.Инженерная защита окружающей среды в примерах и задачах. Учебное пособие/ Под ред. Воробьева О.Г.- С-Пб.: Лань, 2002. -324 с.

38.Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Уч. пос. – Барнаул: АГТУ, 2000. – 391 с.

39.Ляпков А. А. Технология производств очистки промышленных выбро-сов: Учебное пособие / А. А. Ляпков; Томский политехн. ун-т.- Томск:

Изд-во ТПУ, 2002.-254 с.

40.Никулина И.М. Технические средства защиты окружающей среды. Учебное пособие.- М.: МИЭТ, 2002.-322 с.

41.Новиков В. Т. Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды: Учебное пособие / В. Т. Новиков, Н. А. Алексеев, Л.И. Бондалетова. -Томск: Изд-во ТПУ, 2003.- 94 с.

42.Сметанин В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления. Учебник.- М.: КолосС, 2003.- 230 с.

43.Техника и технология защиты воздушного среды. Учебн. пособ./ В.В. Юшин, Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин. - М.: Высшая школа, 2003. – 142 с.

## **ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания

Составитель: Виктор Тимофеевич Новиков

Рецензент: В.В. Бочкарев, к.х.н., доцент каф. ТООС ХТФ

Подписано к печати

Формат 60x84/16. Бумага офсетная.

Плоская печать. Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,05.

Тираж                      экз. Заказ                      . Цена свободная.

Издательство ТПУ. 634050, Томск, пр. Ленина, 30.