

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт прикладной математики, информатики, био- и нанотехнологий
Кафедра химических технологий

Пикалов Евгений Сергеевич

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ
И ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии
и защиты окружающей среды» для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии нефтехимии и биотехнологии

Владимир – 2015 г.

Данные методические указания включают рекомендации по содержанию и выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды» для студентов направления 18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии и защиты окружающей среды».

Рассмотрены и одобрены на
заседании УМК направления
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»
Протокол №9 от 01.04.2015 г.

Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ

Общая схема самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов заключается в повторении и более углубленном изучении вопросов, рассматриваемых на лекционных занятиях, в самостоятельном изучении тем, предусмотренных рабочей программой по курсу, подготовке к рейтинг-контролю знаний и сдаче промежуточных аттестаций (экзамена в 4-м семестре и зачета в 5-м семестре), а также в обработке экспериментальных данных, полученных при выполнении лабораторных занятий, составлении отчётов по лабораторным работам и подготовке к защите отчетов по ним, а также выполнении заданий на практических занятиях. Кроме того, студент в течении 5-го семестра выполняет курсовой проект по заданной теме, большая часть работы над которым и подготовка к его защите предусматривают самостоятельную работу.

Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса дисциплины. Для эффективного использования материалов УМКД следует изучать их последовательно и параллельно с тематикой проводимых аудиторных занятий. План изучения дисциплины и тематика занятий соответствуют, представленным в рабочей программе данного УМКД структуре и содержанию дисциплины.

По мере изучения теоретических вопросов на лекционных занятиях рекомендуется дополнительно изучать их по конспекту лекций для лучшего запоминания и усвоения. Изучать темы для самостоятельного изучения рекомендуется сразу после изучения сопутствующего им материала на лекциях с использованием литературных источников из рекомендуемого в данном УМКД списка основной и дополнительной литературы, которые есть в наличии в библиотеке и электронном зале ВлГУ.

Перед проведением каждой лабораторной работы рекомендуется повторить теоретический материал по тематике работы и изучить методику выполнения работы по рекомендациям, представленным в данном УМКД. Проводить обработку экспериментальных данных и оформлять отчет следует в соответствии с указаниями в этих рекомендациях. В них же указаны контрольные вопросы, по которым рекомендуется готовиться к защите отчетов по лабораторным работам.

Перед проведением каждого практического занятия также рекомендуется повторить теоретический материал по тематике занятия по литературным источникам, указанным в методических указаниях к практическим занятиям, в которых представлены страницы, необходимые для изучения, и контрольные вопросы для обсуждения. Также рекомендуется приносить эти литературные источники с собой на занятия, так как сведения из них могут оказаться полезны при выполнении заданий.

Курсовое проектирование рекомендуется выполнять по разделам по мере прохождения соответствующих тем на лекционных занятиях и руководствоваться методическими рекомендациями по выполнению курсовых проектов данного УМКД и литературными источниками из рекомендуемого списка.

Готовится к текущему контролю знаний рекомендуется по спискам вопросов для рейтинг-контролей, представленных в рабочей программе, и по заданиям для контроля, приведенным в фонде оценочных средств данного УМКД. Подготовку к экзамену и зачету также рекомендуется проводить по списку вопросов, представленному в данном УМКД.

Кроме конспекта лекций, основной и дополнительной литературы при подготовке к текущему контролю знаний и защитах отчетов по лабораторным работам будет полезным изучать актуальную информацию, которая представляется в рекомендуемых в рабочей программе данного курса периодических изданиях и интернет-ресурсах.

Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины. Содержание курса представляет собой набор тематических разделов, рекомендуемое время на изучение которых указано в рабочей программе данного УМКД. Самостоятельное изучение теоретического материала рекомендуется проводить после изучения сопутствующих вопросов на аудиторных занятиях, разбив необходимые для рассмотрения вопросы на группы таким образом, чтобы изучать равное их количество каждый день с момента последнего аудиторного занятия и до времени проведения следующего. Также рекомендуется совмещать изучение теоретических вопросов с подготовкой к лабораторным и практическим занятиям, а также выполнением курсового проекта, так как это позволит получить навыки применения теоретических знаний на практике. Предпочтительно, если студент будет совмещать самостоятельное изучение смежных тем разных дисциплин, изучаемых параллельно. На основании этих рекомендаций каждому студенту будет полезно спланировать самостоятельное изучение дисциплины и выполнение заданий, предусмотренных рабочей программой курса, с учетом своего свободного времени и индивидуальных особенностей при необходимости согласовав его с преподавателем и стараться придерживаться его для своевременного и успешного изучения дисциплины.

Описание последовательности действий студента, или «сценарий изучения дисциплины». Для успешного изучения дисциплины студентам рекомендуется придерживаться следующего плана изучения дисциплины:

- для получения базовых знаний, выполнения экспериментальной части лабораторных работ и заданий на практических занятиях необходимо посещать аудиторные занятия в соответствии с расписанием и дополнять полученные на них знания самостоятельным углубленным изучением. А результаты самостоятельного изучения применять при дальнейшем изучении теории и для эффективного выполнения лабораторных работ;

- для успешного выполнения курсового проекта следует выполнять его поэтапно и в соответствии с методическими рекомендациями по выполнению курсовых работ данного УМКД;

- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к проведению текущего контроля знаний и защите отчетов по лабораторным работам, которые проводятся в установленные сроки;

- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к сдаче промежуточных аттестаций (экзамена и зачета).

Рекомендации по работе с литературой. В первую очередь рекомендуется ознакомиться со списком литературных источников, представленным в рабочей программе данного УМКД и изучить содержание каждого из них, чтобы в дальнейшем облегчить поиск источников, необходимых для изучения или разъяснения тех или иных вопросов. Особое внимание следует обратить на источники, указанные как основные. Изучение курса по литературным источникам рекомендуется только как дополнительное и следует проводить его в соответствии с планом и содержанием данного курса. Эти источники рекомендуются для изучения вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение. Использовать литературные источники вне рекомендуемого списка следует только по согласованию с преподавателем, так как возможно сильное различие точек зрения, изложенных в них. Не рекомендуется изучать темы заранее, а только параллельно с их изучением на аудиторных занятиях.

Разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса, по выполнению домашних заданий. Тестовая система курса позволяет оперативно оценить текущий контроль знаний студентов и представляет собой часть рейтинг-контроля, проводимого в установленные в ВлГУ сроки. Вопросы для подготовки к рейтинг-контролю, примеры тестовых заданий и ключи к ним представлены в фонде оценочных средств данного УМКД. Тестовые задания представляют собой набор вопросов по темам, изученным на аудиторных занятиях или самостоятельно. Вопрос может быть напрямую рассмотрен при изучении курса или предполагать размышления на основе полученных знаний и навыков. К каждому вопросу дается четыре варианта ответов, один или несколько из которых могут являться правильными и должны быть отмечены любым удобным студенту образом.

Домашние задания представляют собой самостоятельное углубленное изучение теоретического материала и выполнение подготовительной части лабораторных работ и практических занятий, расчетной и графической частей курсового проекта. Подготовка к лабораторной работе проводится в два этапа. На первом этапе следует изучить теоретические вопросы по тематике работы, методику ее проведения и подготовить черновик отчета. На втором этапе проводится обработка результатов эксперимента, оформляется чистовой вариант отчета и про-

водится подготовка к защите отчетов по лабораторной работе по контрольным вопросам. Рекомендуется подготовительную часть лабораторных работ проводить совместно со студентами, с которыми они выполняются. Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении материала из рекомендуемых литературных источников по вопросам, предусмотренным для обсуждения. Курсовой проект рекомендуется выполнять поэтапно, после выполнения каждого этапа проверять результаты с руководителем и согласовывать с ним дальнейшие действия.

Рекомендации по подготовке к промежуточным аттестациям. При изучении данного курса проводится две промежуточные аттестации: экзамен в 4-м семестре и зачет в 5-м семестре. Начальным этапом подготовки к экзамену и зачету является успешное изучение теоретического курса, своевременное выполнение лабораторных работ и защита отчетов по ним, а также своевременное выполнение и успешная защита курсового проекта. Это позволит получить высокие баллы при проведении рейтинг-контроля знаний и является условием допуска к сдаче экзамена и зачета. Суммарный балл, набранный за три рейтинг-контроля учитывается при выставлении оценки на экзамене. Подготовку рекомендуется проводить по списку вопросов и экзаменационным билетам, которые приведены в данном УМКД. Каждый студент, исходя из своих возможностей, должен выбрать время необходимое ему для подготовки к экзамену до дня, в который будет проводиться консультация, а к зачету до дня его проведения. На эти дни рекомендуется распределить материал, который следует повторить при подготовке. Причем каждый раз перед изучением последующего материала рекомендуется повторить материал, изученный ранее. Будет полезна и совместная с другими студентами группы подготовка, особенно по вопросам, представляющими наибольшую трудность.

Разъяснения основных трудностей самостоятельной работы студента и пути их преодоления. Для снижения трудности самостоятельного изучения теоретических вопросов они рассматриваются отдельно по каждому разделу лекционного курса и подобраны таким образом, чтобы тематика лекции была близкой к этим вопросам и обеспечивала студентам необходимые для их освоения основные знания. Результат самостоятельного освоения и преодоление возникших трудностей обеспечиваются на каждом лекционном занятии при проведении устного диалога с группой студентов для закрепления знаний, полученных на лекциях и самостоятельно, и для разъяснения сложных для восприятия вопросов. Трудности, возникающие при подготовке к выполнению лабораторных работ, преодолеваются при получении допуска к их выполнению, на котором детально разбирается план выполнения работы, устройство и принцип действия установки. Трудности, возникающие при обработке экспериментальных данных и при подготовке к защите отчетов по работам, преодолеваются непосредственно перед защитой при проверке отчетов, проводимой в форме устного диалога. Для снижения труд-

ности выполнения практических заданий предусмотрены подготовка к ним по рекомендуемым литературным источникам и вводная беседа, проводимая в начале каждого практического занятия. Трудности, возникающие при выполнении практических заданий, преодолеваются путем обсуждения их с преподавателем и при проведении на занятиях общегрупповых диалогов. Трудности при выполнении курсового проекта решаются совместно с руководителем проекта и при необходимости с ведущим преподавателем на консультациях. Трудности при подготовке к экзамену рассматриваются и разбираются при проведении консультации. Трудности при подготовке к зачету могут быть рассмотрены в индивидуальном порядке на беседах с ведущим преподавателем.

Методические рекомендации по изучению теоретического материала курса

4-Й СЕМЕСТР

Раздел 1. Теоретические основы и гидравлические процессы

Лекция 1. Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Общие закономерности. Условия однозначности и виды подобия. Инварианты подобия.

Цель и задачи изучения темы: Определить место и роль ПАХТ в системе научно-практических знаний; систематизировать совокупность процессов химической технологии и их параметров; изучить основные закономерности процессов сохранения, равновесия и переноса субстанций получить базовые знания о применении теории подобия.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: процесс, аппарат, технология – позволяют понять суть изучаемого курса, а также такие понятия как законы сохранения и переноса субстанции, законы термодинамического равновесия, движущая сила и коэффициент переноса. К важным понятиям относятся признаки, по которым классифицируются процессы и параметры, их характеризующие, а также принципы составления балансовых уравнений и условия равновесия. Внимание следует уделить и общим принципам теории подобия, необходимым для понимания критериев, характеризующих процессы химической технологии. Сведения по данной теме являются основополагающими для курса и их изложение в различных источниках практически не отличается. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

Обзор по рекомендуемой литературе: Вопросы темы достаточно широко освещены в литературных источниках. Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на место и роль ПАХТ, на взаимосвязь изучаемых законов между собой и основными расчетными закономерностями курса, а также на базовые основы теории подобия в системе физического моделирования с точки зрения разных авторов. Разные авторы не противоречат друг другу, но у них также могут отличаться способы записи и символные обозначения величин. Тема имеет и практическое значение - сведения о принадлежности процесса к той или иной группе позволит определить основные закономерности, применяемые для расчета его параметров. Расчет проводится при помощи обобщенных уравнений, получаемых при помощи методов теории подобия. В связи с этим изучение данной темы будет являться основой для изучения остального курса.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует понять место и роль ПАХТ в системе научно-практических знаний, группы процессов химической технологии и их отличительные признаки; знать закономерности сохранения, равновесия и переноса субстанций; получить представление о движущей силе и коэффициенте переноса; знать условия однозначности, виды подобия и инвариантов подобия.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. На какие группы делятся параметры? В чем отличие двух групп?
2. Какие группы процессов химической технологии существуют? Дайте определения.
3. Чем характеризуется подвижное фазовое равновесие?
4. Что называют движущей силой процесса?
5. Что такое условия однозначности и на какие виды они делятся?
6. Что называют инвариантами подобия?

Лекция 2. Общие сведения о гидравлике

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Гидродинамическое подобие.

Цель и задачи изучения темы: Получить представление о гидравлике и ее разделах; изучить основные закономерности для покоящихся и движущихся жидкостей; получить представление о критериях, характеризующих соотношение параметров жидкости.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – гидростатика и гидродинамика; основное уравнение гидростатики, закон Паскаля, уравнение неразрывности (сплошности) потока и критерии гидродинамического подобия. К важным понятиям относятся задачи гидродинамики, характеристики потока, виды потоков. Сведения по данной теме необходимы для понимания гидравлических процессов и их закономерностей и широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

4. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на специфичные свойства, отличающие жидкости от других форм существования вещества, а также на вывод основных закономерностей гидростатики и гидравлике, на переход от дифференциальной формы записи уравнений к упрощенной, а также на характеристику критериев гидродинамического подобия. Разные авторы уделяют больше внимание рассмотрению тех или иных вопросов данной темы, различия в изложении между ними касаются способов вывода и несколько отличающихся форм записи закономерностей, но противоречий в изложении материала у них нет. Тема имеет большое практическое

значение, так как указанные в ней закономерности и критерии широко используются при расчете гидравлических процессов и аппаратов, а также в теории подобия тепло- и массопереноса. В связи с этим изучение данной темы будет необходимо для дальнейшего изучения как гидравлических, так и других групп процессов.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о разделах гидравлики, различия между упругими и каплевыми жидкостями; знать основные закономерности гидростатики и гидродинамики и критерии гидродинамического подобия.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие закономерности изучают гидростатика и гидродинамика?
2. В чем отличие между идеальной, каплевой и упругой жидкостями?
3. Назовите следствия из основного уравнения гидростатики и закона Паскаля?
4. Перечислите основные характеристики потока жидкости. Дайте определения.
5. В чем физический смысл уравнения неразрывности (сплошности) потока?
6. Какие критерии характеризуют гидродинамическое подобие? В чем их физический смысл?

Лекция 3. Основные гидравлические параметры

Основные вопросы темы: Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов.

Цель и задачи изучения темы: Получить знания о характеристиках режимов движения жидкости; получить базовые знания о распределении напоров в движущемся потоке жидкости; изучить методику расчета гидравлических сопротивлений.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общей химической технология; общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – ламинарное и турбулентное течения, геометрический, статический и динамический напоры, уравнение Бернулли, сопротивления трения и местные сопротивления, потери напора и давления. Сведения по данной теме необходимы для расчета параметров гидравлических процессов, расчета и выбора аппаратов для проведения этих процессов. Сведения по данной теме разносторонне и широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

4. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>);

5. Аракелян С.М. Методы вычислительной гидродинамики в расчетах движения жидкости в системах со сложной топологией: Учеб. пособие – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 99 с (наличие в библиотеке ВлГУ и доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4549/1/01506.pdf>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на характеристику режимов течения жидкости, следствия и области применения уравнения Бернулли, на виды местных гидравлических сопротивлений и методы их определения. Разные авторы широко охватывают вопросы данной лекции, дополняют друг друга, но не противоречат. Может отличаться запись формул для определения местных гидравлических сопротивлений и коэффициента трения. Тема имеет большое практическое значение и полезна как при выполнении лабораторного практикума, так и при проведении расчетов процессов и аппаратов как гидравлических, так и тепло-, массообменных.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о закономерностях ламинарного и турбулентного течения, распределения напоров в движущемся потоке, о причинах потерь напора и давления и способов расчета гидравлических сопротивлений.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В чем отличие ламинарного и турбулентного режимов течения жидкости?
2. В чем физический смысл уравнения Бернулли?
3. Назовите следствия из уравнения Бернулли?
4. Какие виды гидравлических сопротивлений существуют? В чем причины их возникновения?
5. Как соотносятся между собой критерий Рейнольдса и коэффициент трения?
6. Как рассчитать общие потери напора и давления?

Лекция 4. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики

Основные вопросы темы: Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение. Гидродинамика зернистых слоев. Физическая сущность фильтрования.

Цель и задачи изучения темы: Изучить закономерности режимов обтекания жидкостью твердых тел и движения жидкости через зернистые слои; знать методику расчета скорости гравитационного осаждения; получить знания о механизмах и движущей силе процесса фильтрования.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – обтекание, режимы обтекания и движения через зернистые слои, гравитационное осаждение, скорость осаждения, однородное и неоднородное псевдоожижение, механизмы фильтрования. К важным понятиям относятся сила сопротивления, скорость витания, скорость уноса, движущая сила фильтрования. Сведения по данной теме необходимы для расчета параметров гидравлических процессов, связанных с обтеканием жидкостями твердых тел – осаждения, перемешивания, фильтрования, гидро- и пневмотранспорта, сорбционных и других массообменных процессов, а также для расчета и выбора аппаратов для проведения этих процессов. Сведения по данной теме разносторонне и относительно широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);

3. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ, доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

4. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>);

5. Аракелян С.М. Методы вычислительной гидродинамики в расчетах движения жидкости в системах со сложной топологией: Учеб. пособие – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 99

с (наличие в библиотеке ВлГУ и доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4549/1/01506.pdf>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на характеристику режимов обтекания жидкостями твердых тел и закономерности гравитационного осаждения, изменения гидравлического сопротивления слоя и его характеристик в зависимости от скорости потока, соотношение между скоростью потока, скоростями витания и уноса, а также на изучение механизмов фильтрации. У разных авторов могут отличаться формулировки (так термин гидродинамические сопротивления был предложен автором данного УМКД), расчетные зависимости и их вывод. Тема имеет большое практическое значение для расчета параметров процессов, связанных с обтеканием, расчета и выбора аппаратов для проведения этих процессов.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о закономерностях обтекания жидкостями твердых тел; знать о режимах движения потока жидкости через зернистые слои; характеристики и условия реализации псевдооживленного состояния; определение и значимость скоростей осаждения, витания и уноса; знать о механизмах процесса фильтрации.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какой процесс называется обтеканием?
2. От чего зависит сила сопротивления среды, возникающая при обтекании?
3. Какие режимы обтекания существуют?
4. Как меняется гидравлическое сопротивление слоя зернистого материала с увеличением скорости потока?
5. Как определяются скорости осаждения, витания и уноса?
6. Какие механизмы фильтрации существуют? Какой из них предпочтительней?

Лекция 5. Транспортирование жидкостей и газов

Основные вопросы темы: Область применения, параметры работы и классификация аппаратов. Аппараты объемного действия. Аппараты динамического действия.

Цель и задачи изучения темы: получить знания об основных параметрах работы и классификации насосов и компрессоров; изучить схему работы насосных установок; изучить конструкцию и принцип действия наиболее распространенных видов насосов и компрессоров.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – насос, компрессор, вентилятор, степень сжатия, объемные насосы и

компрессоры, динамические насосы и компрессоры. К важным понятиям относятся нагнетающая линия, всасывающая линия, полезная мощность, газодувка. Сведения по данной теме необходимы для выбора и расчета насосов и компрессоров, применяемых в большинстве процессов химической технологии. Общие сведения по данной теме достаточно хорошо освещены в литературных источниках, сведения по конструкции и принципу работы освещены менее, но найти их не сложно. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Сайритдинов С.Ш. Основы гидравлики: учебник для вузов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 386 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300263.html>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>);

4. Самарин О.Д. Гидравлические расчеты инженерных систем: Справоч. пособие. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. - 112 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300140.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на классификацию, типы насосов и компрессоров, их применение, упомянутые в разных источниках. У разных авторов могут отличаться схемы и описания к ним для изучаемых типов насосов и компрессоров, поэтому будет полезным изучить их с разных точек зрения. Тема имеет большое практическое значение, так как расчет гидравлических систем транспортирования жидкостей и газов, а также насосов и компрессоров, входящих в эти системы, часто проводится при проектировании производственных линий. Кроме того, эти знания будут полезны при эксплуатации уже существующих систем, включающих насосные, компрессорные и вентиляционные установки.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать об основных параметрах работы насосов и компрессоров, преимуществах и недостатках разных видов насосов и компрессоров, конструкцию и принцип действия наиболее распространенных видов насосов и компрессоров.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие гидравлические машины называют насосами и компрессорами? Где они применяются?

2. Какие основные параметры насосов и компрессоров Вы знаете?

3. Как классифицируют насосы и компрессоры? Приведите примеры каждой группы насосов.
4. Опишите конструкцию и принцип действия поршневого насоса.
5. Опишите конструкцию и принцип действия центробежного вентилятора.
6. В чем принципиальные отличия между насосами и компрессорами?

Раздел 2. Тепло- и массообменные процессы

Лекция 6. Теплообменные процессы и аппараты

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Основные расчетные зависимости. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

Цель и задачи изучения темы: Получить базовые знания о типах, видах и закономерностях теплообменных процессов; получить знания о движущей силе и средней движущей силе теплообмена; изучить классификацию теплообменников; изучить конструкцию, принцип действия и особенности наиболее распространенных теплообменников.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; основные знания по общей и прикладной физике; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – теплоотдача, теплопередача, теплопроводность, теплоемкость, теплопередача через плоскую стенку, кожухотрубчатый теплообменник, аппарат с двойными стенками (рубашками). К важным понятиям относятся температуропроводность, конвекция, излучение, тепловое расширение, виды теплообменников. Сведения по этой теме являются базовыми для термодинамических и теплотехнических расчетов процессов и аппаратов. Сведения по данной теме широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на физический смысл основных понятий теплообменных процессов, вывод и физический смысл составляющих основного уравнения теплопередачи, схемы движения потоков и их особенности, на теплообмен при различных условиях и

геометрии теплопередающей поверхности, на переход от дифференциальной формы записи уравнений к упрощенной, а также на конструкцию и принцип действия наиболее широко применяемых теплообменников. По общим сведениям разные авторы сходятся во мнениях, однако к некоторым специфическим вопросам (например, понятие о видах теплоемкости, температуропроводности и схемах движения потоков) они подходят с разных точек зрения, изучение которых будет полезным. Тема имеет большое практическое значение, так как сведения по этой лекции необходимы для понимания сути тепловых расчетов, проведение которых необходимо при рассмотрении и проектировании процессов химической технологии, а рассматриваемые аппараты широко применяются для обеспечения теплового режима проведения процессов химической технологии.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о различиях между теплоотдачей и теплопередачей, об основных тепловых свойствах веществ; знать об основных закономерностях и расчетных зависимостях видов распространения тепла; знать классификацию и области применения теплоносителей и теплообменников; знать конструкцию и принцип действия наиболее распространенных теплообменников

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Что называют теплоотдачей и теплопередачей?
2. Какие виды распространения теплоты Вы знаете? Дайте определения.
3. Какие схемы движения потоков существуют? В чем их особенности?
4. Как определить тепловой поток через плоскую стенку?
5. Опишите конструкцию и принцип действия кожухотрубчатых теплообменников.
6. Опишите конструкцию и принцип действия аппаратов с двойными стенками (рубашками).

Лекция 7. Общая характеристика массообменных процессов

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Равновесие массообменных процессов. Подобие тепло- и массообменных процессов.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общей химической технологии; основные знания по общей и прикладной физике; основы гидравлики и теплообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – массоотдача, массопередача, молекулярная и конвективная диффузии,

равновесная и рабочая концентрации, критерии массообменных процессов. К важным понятиям относятся поверхность контакта фаз, определения массообменных процессов, критерии теплообменных процессов. Сведения по этой теме являются базовыми и необходимы для понимания массообмена, происходящего в процессах химической технологии. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Кудинов А.А. Теплообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на закономерности и особенности молекулярной и конвективной диффузий, признаки классификации и определения основных массообменных процессов, определение фазового равновесия и кинетики массообменных процессов, критерии подобия массообмена и их физический смысл, а также аналогию тепло- и массообменных процессов. Точки зрения и степень освещенности тех или иных вопросов у разных авторов могут не совпадать, зачастую отличаются терминология (например, конвективная или турбулентная диффузия). Однако изучение всех точек зрения позволит получить всю широту представлений по тематике данной лекции. Эта тема имеет большое практическое значение, так как необходима для понимания сути массообменных процессов и умения определять их движущую силу.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать об основных видах и типах распределения концентрации веществ внутри фаз и массообмена через разные поверхности контакта фаз, знать классификацию массообменных процессов, знать и уметь определять движущую силу массообмена, знать критерии массообмена и понимать их физический смысл.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В чем отличие массоотдачи от массопередачи?
2. В чем отличие молекулярной диффузии от конвективной?
3. Как рассчитывается поток вещества при массообмене?
4. Какие массообменные процессы Вы знаете? Дайте определения.
5. Как определить направление переноса вещества из одной фазы в другую?
6. Какие критерии характеризуют подобие массообмена? В чем их физический смысл?

Лекция 8. Перегонка и ректификация

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Равновесие в системе «жидкость – пар». Основные расчетные зависимости. Применяемые аппараты и установки.

Цель и задачи изучения темы: изучить основные закономерности простой перегонки и ректификации жидких смесей; изучить особенности равновесия парожидкостных систем; изучить схемы установок для простой перегонки и ректификации.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания курса общая химическая технология; основные знания по общей и прикладной физике; основы гидравлики, тепло- и массообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – простая перегонка, ректификация, низкокипящие и высококипящие компоненты, дефлегмация, дистиллят, кубовый остаток, закон Рауля, закон Дальтона. К важным понятиям относятся тарельчатые колонны, укрепляющая и исчерпывающая части колонн, флегмовое число, число теоретических тарелок. Эти сведения широко освещены в источниках и относятся к одним из самых распространенных процессов химической технологии – процессам разделения жидких смесей по разности температур кипения. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на физическую сущность перегонки, особенности перегонки при разном давлении, описание дефлегмации, особенности и расчетные зависимости равновесия в системе «жидкость - пар», а также конструкцию установок для простой перегонки и ректификации, виды ректификационных колонн и тарелок в них, методики определения флегмового числа и числа теоретических тарелок. Разные авторы не противоречат друг другу, но уделяют больше внимания разным вопросам данной темы. Могут довольно сильно отличаться расчетные зависимости, обозначения и подробность изложения, поэтому следует ориентироваться на обозначения в лекции, предложенные автором данного УМКД. Эта тема имеет большое практическое значение для понимания и умения проводить расчеты широко

распространенных процессов – перегонки и ректификации, а также для процессов, в которых применяются колонные аппараты.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о различиях в летучести компонентов жидких смесей, влиянии давления и дефлегмации на чистоту разделения смесей перегонкой; знать и уметь применять законы Рауля и Дальтона; схему установки для проведения простой фракционной перегонки и ректификации бинарных смесей; знать методику расчета флегмового числа и определения числа теоретических тарелок.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. На чем основано разделение жидких смесей перегонкой?
2. Что называют дефлегмацией? С какой целью она проводится?
3. Как формулируются законы Рауля и Дальтона? Для чего они применяются?
4. Как строят и используют равновесные и фазовые диаграммы?
5. Опишите конструкцию и принцип действия установки для простой перегонки.
6. Опишите устройство и принцип действия установки для ректификации бинарных смесей.

Лекция 9. Сушка

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Физическая сущность процесса. Кинетика сушки. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки. Классификация сушильных аппаратов.

Цель и задачи изучения темы: Изучить основные параметры сушки и их физический смысл; изучить условия равновесия и кинетику сушки; изучить основы расчета параметров сушки; изучить классификацию сушилок.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания по общей и прикладной физике; основы гидравлики, тепло- и массообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – температура мокрого термометра, абсолютная и относительная влажность, критическое и равновесное влагосодержание, конвективные и контактные сушилки. К важным понятиям относятся формы связи влаги с материалом, влагосодержание, диффузия, энтальпия. Эти сведения являются основными для понимания сути процессов сушки, проводимых в большинстве процессов химической технологии. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

2. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);

3. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: Учеб. пособие. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. - 440 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081949.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на физический смысл основных параметров сушки, условия равномерного и эффективного высушивания материала, построение кривой сушки и кривой скорости сушки, определение по ним параметров процесса. У разных авторов сходятся точки зрения и отличается только степень подробности изложения тех или иных вопросов. Тема имеет большое практическое значение для тех процессов химической технологии, в которых присутствует стадия сушки сырья и (или) продуктов.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать об основных параметрах процесса сушки и кинетике их изменения, понимать физический смысл процессов, происходящих при сушке.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие параметры характеризуют степень насыщения воздуха влагой? Как это состояние достигается?
2. Дайте понятия абсолютной и относительной влажностей для материала и воздуха.
3. Какие существуют формы связи влаги с материалом? Какие из них удаляются при сушке?
4. Из каких периодов состоит сушка? Чем они характеризуются?
5. Опишите материальный и тепловой балансы сушки.
6. По каким признакам и на какие виды классифицируют сушилки?

5-Й СЕМЕСТР

Раздел 1. Теоретические основы защиты окружающей среды

Лекция 1. Технология защиты окружающей среды

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Источники и виды загрязнений. Нормирование уровня загрязнений.

Цель и задачи изучения темы: Определить место и роль защиты окружающей среды в системе научно-практических знаний; рассмотреть основные виды загрязнений, источники их образования и существующие нормы.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии, общая химическая технология и экология; общие закономерности математики, физики, химии и безопасности жизнедеятельности.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: рациональное природопользования, защита окружающей среды от загрязнений, отходы, предельно допустимая концентрация, предельно допустимы выброс. К важным понятиям относятся признаки, по которым классифицируются методы защиты окружающей среды и виды загрязнений. Сведения по данной теме являются основополагающими для курса, позволят понять суть и значимость изучаемого курса в рамках направления «энерго- и ресурсосберегающие технологии в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и ориентировать студентов на изучение данной и других профильных дисциплин. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>);

3. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учеб. пособие для вузов: электронный ресурс - М.: Абрис, 2012 (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200322.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на понимание основных задач и принципов рационального природопользования и защиты окружающей среды от загрязнений, а также на основные нормативы для загрязнений различной природы. У разных авторов схожая точка зрения и отличаться могут только детали и акценты на различные составляющие технологии защиты окружающей среды. Изучение проблематики данной темы под углами обзора разных авторов будет полезно обучающемуся для получения полноты картины современного состояния изучения вопроса. Тема имеет и практическое значение - сведения о принадлежности загрязнения к той или иной группе позволит определить группу методов, применимых для очистки. А достижение уровня загрязнений ниже требований нормативов является основной задачей процессов очистки. В связи с этим изучение данной темы будет являться основой для изучения остального курса.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует понять место и роль защиты окружающей среды в системе научно-практических знаний, группы загрязнений и их отличительные признаки, получить представление о различных нормативах уровня загрязнений и их применении в технологии защиты окружающей среды.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Что из себя представляет рациональное природопользование?
2. Что называют загрязнением окружающей среды?
3. Что называют активными и пассивными методами защиты окружающей среды? В чем отличия между ними?
4. На какие группы делятся загрязнения в зависимости от своей природы?
5. Что такое предельно-допустимая концентрация (ПДК)? Какие разновидности ПДК существуют?
6. Что такое предельно-допустимый выброс (ПДВ)?

Лекция 2. Обзор методов очистки промышленных выбросов

Основные вопросы темы: Общая классификация методов очистки промышленных выбросов. Методы очистки выбросов в атмосферу. Методы очистки выбросов в гидросферу.

Цель и задачи изучения темы: систематизировать методы очистки промышленных выбросов; дать определения основным процессам, применяемым для очистки промышленных выбросов.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии, общая химическая технология и экология; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: дисперсные примеси, агрегация, диспергирование (диспергация), очистка, обезвреживание, деструкция, аэрозоль, газовые выбросы, сточные воды. К важным понятиям данной темы относятся различия в механической, физической и химической природе процессов очистки, а также понятие о гомогенности и гетерогенности газовых выбросов и сточных вод. Сведения по данной теме помогут студенту систематизировать знания, которые он получит при изучении курса и выбрать их применимость в тех или иных практических ситуациях. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие

– Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>);

3. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Учеб. пособие для вузов: электронный ресурс - М.: Абрис, 2012 (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200322.html>);

4. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография. - М.: Издательство АСВ, 2015. - 208 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на определения, даваемые для различных процессов очистки промышленных выбросов от загрязнений. У разных авторов могут отличаться даваемые определение, общее число приводимых процессов очистки и их применимость, а также подход к классификации процессов очистки. Студенты, рассмотрев точки зрения разных авторов, могут выбрать наиболее понятные и удобные для себя или воспользоваться предложенными автором данного УМК и одного из рекомендованных литературных источников. Тема имеет и практическое значение, так как является основой для выбора и составления технологических схем очистки, выбора процессов для очистки выбросов в зависимости от их состава. Это является основой и начальным этапом при проектировании и расчетов технологических схем и оборудования (сооружений).

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать основные группы процессов по очистке промышленных выбросов, их отличительные признаки и области применения.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. По каким признакам классифицируют методы очистки промышленных выбросов?
2. В чем разница между механическим, физическим и физико-химическим воздействием на промышленный выброс и загрязнение?
3. Какие процессы применяют для очистки газовых выбросов от аэрозолей?
4. Какие процессы применяют для очистки газовых выбросов от вредных газов и паров?
5. Какие процессы применяют для очистки сточных вод от взвешенных частиц?
6. Какие процессы применяют для очистки сточных вод от растворенных примесей и эмульсий?

Раздел 2. Механические и физические методы очистки от загрязнений

Лекция 3. Гравитационное и инерционное осаждение

Основные вопросы темы: Пылеосадители. Назначение и классификация отстойников. Песколовки и первичные отстойники. Отстойники для разделения суспензий и эмульсий.

Цель и задачи изучения темы: изучить конструкцию и принцип действия аппаратов и сооружений, применяемых для осаждения примесей в промышленных выбросах.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: пылеосадитель; песколовка и отстойник. К важным понятиям данной темы относятся гравитационное и инерционное осаждение, классификация отстойников и понятие о суспензиях и эмульсиях. Сведения по данной теме необходимы для выбора и расчета оборудования для очистки промышленных выбросов методом осаждения под действием сил тяжести и инерции, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

3. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 142 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519992>);

4. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>);

5. Тетельмин В.В., Язев В.А. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе: Учебное пособие - 3-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 352 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=495843>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на конструкцию и принцип действия основных типов аппаратов и сооружений, применяемых для осаждения загрязнений из промышленных выбросов. У разных авторов могут отличаться детальность схем и описания, но точки зрения по изучаемому в лекциях оборудованию едины. Также могут отличаться наличие и описание специальных видов оборудования (например, нефтеловушек), однако их изучение может оказаться полезным при рассмотрении специфичных вопросов курса, например, очистки выбросов нефтеперерабатывающих производств при курсовом проектировании, дальнейшем обучении и в профессиональной деятельности. Тема имеет практическое значение, так как знание рассмотренных в ней вопросов необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать конструкцию, принцип действия и особенности основных аппаратов и сооружений для осаждения загрязнений из промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Опишите конструкцию и принцип действия пылеосадителей.
2. Приведите классификацию отстойников.
3. Опишите конструкцию и принцип действия песколовок.
4. Опишите конструкцию и принцип действия первичных отстойников.
5. Опишите конструкцию и принцип действия радиальных отстойников.
6. Опишите конструкцию и принцип действия отстойников для разделения эмульсий.

Лекция 4. Центробежное осаждение и фильтрация

Основные вопросы темы: Циклоны и гидроциклоны. Отстойные и фильтрующие центрифуги. Газовые фильтры. Туманоуловители. Водяные фильтры.

Цель и задачи изучения темы: изучить конструкцию и принцип действия аппаратов, применяемых для центробежного осаждения и фильтрации примесей в промышленных выбросах.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: циклон и батарейный циклон, отстойные и осадительные центрифуги, рукавные фильтры, туманоуловители и открытые нутч-фильтры. К важным понятиям относятся аналогия циклонов и гидроциклонов, периодичность и непрерывность работы рассмат-

риваемого оборудования. Сведения по данной теме необходимы для выбора и расчета оборудования для очистки промышленных выбросов методами центробежного осаждения и фильтрации, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

3. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 142 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519992>);

4. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на конструкцию и принцип действия основных типов аппаратов, применяемых для центробежного осаждения и фильтрации загрязнений из промышленных выбросов. У разных авторов могут отличаться детальность схем и описания, но точки зрения по изучаемому в лекциях оборудованию едины. Может отличаться количество видов рассматриваемого оборудования и их описание, однако эти сведения являются специфическими и могут оказаться полезны лишь в некоторых случаях для курсового проектирования и при необходимости могут быть оговорены с преподавателем или руководителем проекта в индивидуальном порядке. Тема имеет практическое значение, так как знание рассмотренных в ней вопросов необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать конструкцию, принцип действия и особенности основных аппаратов для центробежного осаждения и фильтрации загрязнений из промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В каких случаях применяют циклонные аппараты? В чем отличие циклонов и гидроциклонов?

2. В чем заключается принцип действия циклонов и батарейных циклонов?
3. Опишите конструкцию и принцип действия отстойных и фильтрующих центрифуг.
4. Опишите конструкцию и принцип действия рукавного фильтра.
5. Опишите конструкцию и принцип действия туманоуловителя.
6. Опишите конструкцию и принцип действия нутч-фильтра.

Лекция 5. Методы физической очистки

Основные вопросы темы: Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов. Барботажные (пенные) пылеуловители. Электрическая очистка газов. Электрофильтры.

Цель и задачи изучения темы: изучить физическую сущность и области применения мокрой и электрической очистки газов; изучить конструкцию и принцип действия аппаратов, применяемых для мокрой и электрической очистки газов.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: мокрое пылеулавливание, скрубберы, барботажные пылеуловители, ионизация газов, электрофильтры. К важным понятиям относятся конструктивные особенности скрубберов и барботажных пылеуловителей, коронный разряд, коронирующий и осадительный электроды, трубчатый и пластинчатый электроды. Сведения по данной теме необходимы для понимания основных закономерностей рассматриваемых процессов, выбора и расчета оборудования для очистки промышленных выбросов методами мокрой и электрической очистки, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2015. – 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ доступ по интернет-ссылке <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

3. Мухутдинов А.А., Степанова С.В., Сольяшинова О.А. Физико-химические методы очистки газов (лабораторный практикум) - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. - 140 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788212548.html>);

4. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 142 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519992>);

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на основные закономерности мокрой и электрической очисток газов, конструкцию и принцип действия основных типов аппаратов, применяемых для их проведения. У разных авторов могут отличаться закономерности и их выражения, детальность схем и их описание, но серьезных расхождений точек зрения нет. Поэтому изучение всех источников позволит получить всю полноту информации по данной тематике. Тема имеет практическое значение, так как знание рассмотренных в ней вопросов необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать физическую сущность процессов мокрой и электрической очисток газов, конструкцию, принцип действия и особенности основных аппаратов для их проведения.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. На чем основан процесс мокрого пылеулавливания?
2. Какие виды скрубберов Вы знаете? В чем их особенности?
3. В чем отличия между мокрой очисткой в скруббере и барботажном пылеуловителе?
4. Опишите конструкцию и принцип действия однополочного барботажного пылеуловителя.
5. На чем основана электрическая очистка газов?
6. Опишите конструкцию и принцип действия трубчатого и пластинчатого электрофильтров.

Раздел 3. Физико-химические методы очистки от загрязнений

Лекция 6. Сорбционные методы очистки

Основные вопросы темы: Основные понятия абсорбции и адсорбции. Классификация и конструкция абсорберов. Абсорбционные установки. Классификация и конструкция адсорберов.

Цель и задачи изучения темы: изучить физическую сущность и области применения сорбционных методов очистки; изучить конструкцию и принцип действия абсорберов и адсорберов, а также установок для сорбционной очистки.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: абсорбция, адсорбция, хемосорбция, десорбция, абсорбер, адсорбер. К важным понятиям относятся классификация колонных аппаратов и классификация адсорберов. Сведения по данной теме необходимы для понимания физической сущности и областей применения основных сорбционных процессов (абсорбции, адсорбции и дегазации), выбора и расчета абсорберов и адсорберов, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

3. Мухутдинов А.А., Степанова С.В., Сольяшинова О.А. Физико-химические методы очистки газов (лабораторный практикум) - Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. - 140 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788212548.html>);

4. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на различия между физической и химической сорбциями, характеристику основных промышленных абсорбентов и адсорбентов, конструкции, виды и особенности насадок и тарелок в колонных аппаратах, а также конструкцию и принцип действия основных типов сорбционных аппаратов. По основным вопросам данной темы у авторов единая точка зрения, однако полнота изложения, выражения основных закономерностей, детальность схем и их описания могут отличаться. В связи с этим рекомендуется брать за основу общепринятые принципы данной темы и на их основе выбирать те сведения, которые будут полезны для каждого конкретного студента. Тема имеет большое практическое значение в связи с широким распространением сорбционных процессов в химической технологии как для очистки выбросов, так и для других целей, а рассматриваемые колонные аппараты и

типы адсорберов являются типовыми для многих других процессов (ректификация, ионный обмен, экстракция). Знание рассмотренных в данной теме вопросов необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует физическую сущность абсорбции и адсорбции, конструкцию, принцип действия и особенности основных аппаратов для их проведения.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В каких случаях применяют сорбционные процессы очистки?
2. В чем отличие физической и химической сорбции?
3. Какие основные типы колонных аппаратов существуют? В чем их отличия?
4. Опишите конструкцию и принцип действия абсорбции с рециркуляцией и регенерацией абсорбента.
5. Опишите конструкцию и принцип действия адсорбера периодического действия.
6. Опишите конструкцию и принцип действия адсорберов непрерывного действия.

Лекция 7. Термохимические методы очистки газов

Основные вопросы темы: Каталитическая очистка газов. Аппараты для каталитической очистки газов. Термическая очистка газов. Аппараты для термокаталитической очистки газов.

Цель и задачи изучения темы: получить представление о каталитической и термокаталитической очистке газов; изучить конструкцию и принцип действия типовых каталитических и термокаталитических реакторов.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: обезвреживание, гомогенный и гетерогенный катализ, каталитический реактор, термическая нейтрализация, термокаталитический реактор. К важным понятиям относятся факторы, влияющие на эффективность термохимической очистки газов, классификация каталитических реакторов, каталитическое и прямое сжигание газов. Сведения по данной теме необходимы для понимания общих принципов и областей применения термохимической очистки газов, выбора и расчета оборудования для ее проведения, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения с разной степенью подробности освещены

в литературных источниках, в более старых литературных источниках эти процессы считаются специфичными и редко упоминаются. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

2. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>);

3. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 142 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519992>);

4. Фирсова Л.Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учеб. пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>);

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на химизм и кинетику реакций, происходящих при термохимической очистке, основные катализаторы и их селективность, классификацию каталитических реакторов, условия проведения термической очистки газов, обезвреживание продуктов сжигания газов, классификация термокаталитических реакторов. Разные авторы не расходятся во мнениях, но уделяют внимание различным сторонам вопроса термохимической очистки, поэтому получить всю полноту изложения данной темы возможно только изучив все рекомендуемые литературные источники. Тема имеет практическое значение, так как данные процессы широко применяются на завершающих стадиях очистки газовых выбросов, а значит их знание и умение проводить расчеты имеют значение. Знание рассмотренных в данной теме вопросов также необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать основные понятия, условия и области применения термохимической очистки газов, конструкцию, принцип действия и особенности основных аппаратов для ее проведения.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В чем заключается каталитическое обезвреживание газов?
2. Какие факторы влияют на эффективность каталитической очистки газов?
3. Какие аппараты применяют для каталитической очистки газов?
4. Какие виды термической нейтрализации газовых выбросов существуют? В чем их особенности?

5. Опишите конструкцию и принцип действия установки для прямого сжигания газов.
6. Опишите конструкцию и принцип действия установки для каталитического сжигания газов.

Лекция 8. Ионный обмен и химическая нейтрализация сточных вод

Основные вопросы темы: Основные понятия ионного обмена. Ионообменные фильтры. Химическая нейтрализация сточных вод.

Цель и задачи изучения темы: получить представление об очистке сточных вод ионным обменом; изучить конструкцию и принцип действия ионообменных аппаратов; получить базовые знания о химической нейтрализации сточных вод; изучить состав и принцип действия установок для химической нейтрализации сточных вод.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: ионный обмен, иониты, ионообменная колонна, взаимная нейтрализация, реагентная нейтрализация, фильтр-нейтрализатор. К важным понятиям относятся структура и классификация ионитов, классификация ионообменных аппаратов, рН сточных вод. Сведения по данной теме необходимы для понимания общих принципов и областей применения химической нейтрализации сточных вод, выбора и расчета установок и аппаратов для ее проведения, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения достаточно хорошо освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

2. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>);

3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить структуру и селективность ионитов, описание основных промышленных ионитов, классификацию и конструкцию ионообменных аппаратов, химизм, кинетику и равновесие реакций химической нейтрализации загрязнений сточных вод, а также описание установок и аппаратов для химической нейтрализации загрязнений. У разных авторов отсутствуют разногласия при изложении материала по данной теме, однако подробность изложения сильно различается (например, сведения о ионообменных аппаратах найти проблематично). Также сильно отличаются предлагаемые примеры реакций и областей применения, однако это с одной стороны является плюсом, позволяющим получить более подробное представление о механизмах и применимости рассматриваемых процессах очистки. Тема имеет практическое значение, так как ее знание необходимо при изучении доочистки сточных вод, которая в большинстве случаев проводится ионным обменом, а значит изучение его закономерностей и применяемых аппаратов будет основой для получения важных практических знаний и умений. То же можно сказать и о химической нейтрализации, широко применяемой на химических и гальванических производствах. Знание рассмотренных в данной теме вопросов также необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать основные понятия и закономерности ионного обмена; классификацию, конструкцию и принцип действия ионообменных аппаратов; основные закономерности и области применения методов химической нейтрализации сточных вод; состав и принцип работы установок для химической нейтрализации сточных вод.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Что из себя представляет ионный обмен? В каких случаях он применяется?
2. Дайте классификацию ионитов.
3. Дайте классификацию ионообменных аппаратов.
4. В чем заключается взаимная нейтрализация сточных вод? На каких установках она проводится?
5. Что из себя представляет реагентная нейтрализация сточных вод? На каких установках она проводится?
6. Как проводится фильтрование сточных вод через нейтрализующие материалы?

Лекция 9. Химическое и биохимическое окисление сточных

Основные вопросы темы: Химическое окисление. Общие сведения о биохимической очистке. Сооружения аэробной очистки. Сооружения анаэробной очистки.

Цель и задачи изучения темы: получить представление о методах и областях применения химического окисления сточных вод; изучить состав и принцип действия установок для химического окисления сточных вод; получить общее представление о биохимической очистке сточных вод; изучить типовые очистные сооружения биохимической очистки.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии; общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы: окисление сточных вод, хлорирование, озонирование, аэробная и анаэробная очистка, аэротенк, септикотенк, двухъярусный отстойник. К важным понятиям относятся применимость методов окисления, активный ил и факторы, влияющие на эффективность биохимической очистки. Сведения по данной теме необходимы для понимания общих принципов и областей применения химического и биохимического окисления сточных вод, выбора и расчета установок и аппаратов для ее проведения, а также являются базовыми для приобретения практических навыков по определению основных параметров данных процессов и эксплуатации оборудования. Эти сведения достаточно хорошо освещены в литературных источниках (в особенности биохимическая очистка). Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учеб. пособие – Владимир: изд-во ВлГУ, 2016. – 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

2. Луканин А.В. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 244 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519990>);

3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы): учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 362 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429200>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на особенности и условия применения методов химического окисления, на установки, применяемые для окисления сточных вод определенного состава, особенности жизнедеятельности микроорганизмов, применяемых для биохимической очистки, способы нахождения биомассы в очистных сооружениях, способы аэрации и деаэрации, классификацию и модификации аэротенков, конструкцию и принцип действия сооружений для биохимической очистки, а также на биохимическую очистку в естественных условиях.

Разные авторы дают схожие описание основных принципов и закономерностей рассматриваемых методов, отличается степень изложения и детальность представленной информации, также сильно отличаются конкретные примеры (например, установки химического окисления сточных вод с различными загрязнителями и виды аэротенков). Рекомендуется изучить общие принципы, представленные в источниках, а специфичную информацию изучать по мере необходимости (например, если информация связана с курсовым проектированием). Тема имеет практическое значение, так как необходима для проектирования, анализа и расчета широко применяемых систем окисления сточных вод (особенно методов хлорирования, аэробной очистки и метанового брожения). Знание данной темы также необходимо для курсового проектирования и является основой для получения навыков эксплуатации оборудования.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует методы химического и биохимического окисления сточных вод, их особенности, условия и области применения, типовые установки, аппараты и сооружения для их проведения.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие методы химического окисления сточных вод Вы знаете? В чем особенности их применения?
2. Назовите основные составляющие и общие принципы действия установок химического окисления сточных вод.
3. В чем заключается биохимическая очистка сточных вод?
4. В чем отличие аэробных и анаэробных методов биохимической очистки?
5. Какие аппараты и сооружения применяют для аэробной очистки?
6. Какие аппараты и сооружения применяют для анаэробной очистки?