

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

Институт архитектуры, строительства и энергетики
Кафедра химических технологий

Пикалов Евгений Сергеевич

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 18.03.01 – Химическая технология

Владимир – 2016 г.

Данные методические указания включают рекомендации по содержанию и выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» для студентов направления 18.03.01. «Химическая технология» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.01. «Химическая технология», рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

Рассмотрены и одобрены на
заседании УМК направления
18.03.01 «Химическая технология»
Протокол №1 от 05.09.2016 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 отчетов 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 готовится 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 процессов химической технологии

Лекция 1. Основы изучения процессов и аппаратов химической технологии

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Классификация процессов химической технологии. 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; 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. К важным понятиям относятся признаки, по которым классифицируются процессы и параметры, их характеризующие. 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 может быть рекомендован любой источник из списка рекомендованных.

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 и на базовые основы теории подобия в системе

физического моделирования с точки зрения разных авторов. 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, условия однозначности, виды подобия и инвариантов подобия.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Назовите цели и задачи науки ПАХТ.
2. На какие группы делятся параметры? В чем отличие двух групп?
3. По каким признакам классифицируют процессы химической технологии?
4. Какие группы процессов химической технологии существуют? Дайте определения.
5. Что такое условия однозначности и на какие виды они делятся?
6. Что называют инвариантами подобия?

Лекция 2. Общие закономерности процессов химической технологии

Основные вопросы темы: Законы сохранения субстанций. Законы термодинамического равновесия. Законы переноса субстанций.

Цель и задачи изучения темы: Изучить основные закономерности процессов сохранения, равновесия и переноса субстанций в химической технологии.

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 – законы сохранения и переноса субстанции, законы термодинамического равновесия, движущая сила и коэффициент переноса. Внимание следует уделить принципам составления балансовых уравнений и условиям равновесия. Сведения по данной теме лежат в основе, необходимы для понимания сути и вывода всех закономерностей процессов химической технологии. Сведения по данной теме являются основополагающими для курса и их изложение в различных источниках практически не отличается, различия возможны лишь в обозначениях символьных величин. Для самостоятельного изучения может быть рекомендован любой источник из списка рекомендованных.

Обзор по рекомендуемой литературе: Вопросы темы широко освещены в литературных источниках. Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на взаимосвязь изучаемых законов между собой и основными расчетными закономерностями курса, на способы записи и символьные обозначения величин у разных авторов.

Тема имеет большое практическое значение, так как рассматриваемые закономерности напрямую используются в любых технических расчетах или используются для вывода и понимания сути уравнений и законов для расчета параметров процессов. В связи с этим изучение данной темы будет являться основой для изучения остального курса и будет полезно при изучении других профильных дисциплин и прохождения практик.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать закономерности сохранения, равновесия и переноса массы, тепла и импульса в процессах химической технологии, понятие о движущей силе и коэффициенте переноса, их влиянии на кинетику процессов.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Как формулируют законы сохранения субстанций?
2. Чем характеризуется подвижное фазовое равновесие?
3. Назовите условия равновесия для переноса массы, тепла и импульса?
4. Что называют движущей силой процесса?
5. Что называют плотностью потока и как она рассчитывается?
6. Что такое коэффициенты переноса субстанций?

Раздел 2. Основы гидравлических процессов

Лекция 3. Общие сведения о гидравлике

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Силы, действующие на жидкость. Физические свойства жидкости.

Цель и задачи изучения темы: Получить представление о гидравлике и ее разделах; изучить группы сил, действующих на жидкость; получить представление о физических свойствах жидкости, изучить их размерность и уравнения для определения.

Требования к уровню подготовленности студента: общие закономерности математики, физики и химии.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – гидростатика и гидродинамика; идеальная, капельная и упругая жидкости; массовые и объемные силы; плотность, давление, вязкость и поверхностное натяжение. Сведения по данной теме необходимы для понимания гидравлических процессов и аппаратов и широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97854327200452.html>);

4. Тужилкин А.М. и др. Гидравлика: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 272 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785430938074.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на специфические свойства, отличающие жидкости от других форм существования вещества, а также на силы, действующие как на покоящуюся или движущую жидкость, влияние этих сил на свойства жидкости. Разные авторы уделяют больше внимание рассмотрению тех или иных вопросов данной темы, но противоречия среди них нет. Тема имеет практическое значение, так как рассмотренные в ней свойства жидкости определяют параметры ее течения, влияют на технологические процессы, в которых присутствуют гидравлические системы. 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, иметь представление о силах, действующих на жидкость и основных физических свойствах жидкости.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие закономерности изучают гидростатика и гидродинамика?
2. В чем отличие между идеальной, каплевой и упругой жидкостями?
3. Какие силы, действующие на жидкость, относятся к массовым, а какие к объемным?
4. Как рассчитать плотность жидкости?
5. Как соотносятся между собой виды давления и размерности для их измерения?
6. Как распределяется скорость жидкости в вязких потоках?

Лекция 4. Гидростатика и гидродинамика

Основные вопросы темы: Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Давление жидкости на дно и стенки сосуда. Основные понятия и определения гидродинамики. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Гидродинамическое подобие.

Цель и задачи изучения темы: Изучить основные закономерности для покоящихся и движущихся жидкостей; получить представление о критериях, характеризующих соотношение параметров жидкости; знать задачи гидродинамики и способы их решения.

Требования к уровню подготовленности студента: Общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – основное уравнение гидростатики, закон Паскаля, задачи гидродинамики, характеристики потока, виды потоков, уравнение неразрывности (сплошности) потока и критерии гидродинамического подобия. К важным понятиям данной темы относятся гидростатическое давление, геометрический напор, гидростатический напор, давление жидкости на дно и стенки сосуда. Сведения по данной теме необходимы для понимания закономерностей конкретных гидравлических процессов и широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97854327200452.html>);

4. Тужилкин А.М. и др. Гидравлика: Учеб. пособие. - М.: Издательство АСВ, 2011. - 272 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97854930938074.html>).

5. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить 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 порой используют разные способы вывода и несколько отличающиеся формы записи закономерностей, но критичных различий в изложении материала у них нет. Могут отличаться мнения о сути критериев гидродинамического подобия и их применимости на практике. 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 необходимо для успешного изучения курса и будет полезно при выполнении лабораторного практикума.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о задачах гидродинамики, основные закономерности гидростатики и гидродинамики и критерии гидродинамического подобия; знать закономерности давления жидкости на дно и стенки сосуда.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Назовите следствия из основного уравнения гидростатики и закона Паскаля.
2. Назовите три задачи гидродинамики.
3. Перечислите основные характеристики потока жидкости. Дайте определения.
4. В чем физический смысл уравнения неразрывности (сплошности) потока?
5. Как определить давление жидкости на дно и стенки сосуда?
6. Какие критерии характеризуют гидродинамическое подобие? В чем их физический смысл?

Лекция 5. Основные гидравлические параметры

Основные вопросы темы: Характеристика ламинарного течения. Характеристика турбулентного течения. Уравнение Бернулли. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Истечение жидкости из отверстий резервуаров.

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; изучить параметры истечения и их физический смысл.

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 – ламинарное и турбулентное течения, динамический напор, уравнение Бернулли, сопротивления трения и местные сопротивления, потери напора и давления. К важным понятиям относятся геометрический и статический напоры, коэффициент скорости истечения, коэффициент сжатия струи, коэффициент расхода при истечении. 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. 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>);
2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN97854327200452.html>);
3. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.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, а также на физический смысл параметров истечения, определения расхода при истечении и времени истечения в разных условиях. Разные авторы широко охватывают вопросы данной лекции, дополняют друг друга, но не противоречат. Может отличаться запись формул для определения местных гидравлических сопротивлений, коэффициента трения и параметров истечения. 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; знать параметры истечения и их физический смысл.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

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

Лекция 6. Обтекание жидкостью твердых тел

Основные вопросы темы: Гидродинамические сопротивления. Гравитационное осаждение. Сопротивление слоя зернистого материала. Режимы движения потока через зернистые материалы. Гидродинамика псевдооживленных слоев.

Цель и задачи изучения темы: Изучить расчет сопротивлений при обтекании жидкостью твердых тел и движении жидкости через зернистые слои; изучить режимы обтекания жидкостью твердых тел и движения жидкости через зернистые слои; знать методику расчета скорости гравитационного осаждения; получить знания о основных характеристиках, определяющих сопротивление слоя зернистого материала; получить знания о гидродинамике псевдооживленных слоев.

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, гравитационное осаждение, скорость осаждения, режимы движения потока через слой зернистого материала; скорость витания; скорость уноса. К важным понятиям относятся: сила сопротивления, удельная поверхность, порозность, насыпная плотность, однородное и неоднородное псевдооживление. Сведения по данной теме необходимы для расчета параметров гидравлических процессов, связанных с обтеканием жидкостями твердых тел – осаждения, перемешивания, экстракции и др., процессов связанных с движением жидкости через зернистые слои: 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. 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>);

2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200452.html>);

3. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.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 обтекания жидкостями твердых тел и закономерности гравитационного осаждения, на определение и физический смысл основных характеристик зернистого слоя; кинетику изменения гидравлического сопротивления слоя и его характеристик в зависимости от скорости потока; соотношение между скоростью потока скоростями витания и уноса. У разных авторов могут отличаться формулировки (так термин гидродинамические сопротивления был предложен автором данного УМКД), расчетные зависимости и их вывод, но различия не критичны. Тема имеет большое практическое значение для расчета параметров процессов, связанных с обтеканием, а также с движением потоков через зернистые слои, гидро- и пневмотранспортом, для расчета и выбора аппаратов для проведения этих процессов.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о закономерностях обтекания жидкостями твердых тел, о соотношении между скоростью осаждения, критерием Рейнольдса для режима обтекания и критерием Архимеда; знать о характеристиках и параметрах, характеризующих зернистые слои; режимах движения потока жидкости через зернистые слои; характеристики и условия реализации псевдооживленного состояния; определение и значимость скоростей витания и уноса.

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 коэффициент гидродинамического сопротивления соотносится с критерием Рейнольдса для режима обтекания?
5. Дайте характеристику режимам движения потока через слой зернистого материала.
6. Как меняется гидравлическое сопротивление слоя зернистого материала с увеличением скорости потока?

Лекция 7. Закономерности процессов фильтрации

Основные вопросы темы: Физическая сущность процесса. Фильтрация суспензий под действием перепада давления. Центробежное фильтрация суспензий.

Цель и задачи изучения темы: Получить знания о механизмах и движущей силе процесса фильтрации; изучить закономерности и особенности фильтрации суспензий.

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

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – стадии и механизмы процесса фильтрования; движущая сила фильтрования; скорость фильтрования; сопротивление фильтра. Сведения по данной теме необходимы для гидравлических расчетов процессов фильтрования, расчета и выбора газовых и водяных фильтров различной конструкции. Сведения по данной теме достаточно широко освещены в литературных источниках, часть которых посвящена непосредственно гидравлике и фильтрованию. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. 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>);

2. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

3. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200452.html>);

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на изучение механизмов фильтрования и закономерности фильтрования под действием перепада давления при различных условиях, закономерности центробежного фильтрования суспензий и расчет основных параметров процесса фильтрования. Разные авторы уделяют больше или меньше внимания этим вопросам и в итоге дополняют друг друга. Отличаться могут формулировки и расчетные зависимости. Тема имеет большое практическое значение для расчета параметров процессов фильтрования различных неоднородных систем, расчета и выбора аппаратов для проведения этих процессов.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о механизмах процесса фильтрования, основных расчетных зависимостях параметров процесса фильтрования при различных условиях.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие механизмы фильтрования существуют? Какой из них предпочтительней?
2. Что может являться движущей силой фильтрования? Как создается движущая сила фильтрования?
3. Как происходит фильтрование суспензий под действием разности перепадов давления?
4. Как рассчитывается скорость фильтрования суспензий под действием разности перепадов давления?
5. Как рассчитывается объем осадка при фильтровании суспензий под действием разности перепадов давления?

6. Как происходит центробежное фильтрование суспензий?

Раздел 3. Перемещение жидкостей и газов

Лекция 8. Транспортирование жидкостей

Основные вопросы темы: Область применения, параметры работы и классификация насосов. Поршневые насосы. Шестеренчатые насосы. Центробежные насосы.

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

Требования к уровню подготовленности студента: Общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – насос, нагнетающая линия, всасывающая линия, полезная мощность, объемные насосы, динамические насосы. Сведения по данной теме необходимы для выбора и расчета насосов и насосных установок, 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. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика: Учеб. пособие - М.: Абрис, 2012. - 199 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300452.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 их применение, упомянутые в разных источниках. Также у авторов могут отличаться схемы и описания к ним для изучаемых типов насосов, поэтому будет полезным изучить их с разных точек зрения. Тема имеет большое практическое значение, так как расчет гидравлических систем транспор-

тирования жидкостей и насосов, входящих в эти системы, часто проводится при проектировании производственных линий. Кроме того, эти знания будут полезны при эксплуатации уже существующих систем, включающих насосные установки.

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

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие гидравлические машины называют насосами? Где они применяются?
2. Какие основные параметры насосов Вы знаете?
3. Как классифицируют насосы? Приведите примеры каждой группы насосов.
4. Опишите конструкцию и принцип действия поршневого насоса.
5. Опишите конструкцию и принцип действия шестеренчатого насоса.
6. Опишите конструкцию и принцип действия центробежного насоса.

Лекция 9. Сжатие и транспортирование газов

Основные вопросы темы: Область применения, параметры работы и классификация компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса. Поршневые компрессоры. Винтовые компрессоры. Центробежные вентиляторы.

Цель и задачи изучения темы: Получить знания об основных параметрах работы и классификации компрессоров; получить представление о термодинамике компрессорного процесса; изучить конструкцию и принцип действия наиболее распространенных видов компрессоров.

Требования к уровню подготовленности студента: Общие закономерности математики и физики; основы гидравлики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – компрессор, вентилятор, газодувка, степень сжатия, объемные компрессоры, динамические компрессоры. К важным понятиям относятся изотермический и адиабатический процессы, политропа. Сведения по данной теме необходимы для выбора и расчета компрессоров для подачи (отвода) газов или воздуха, 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 и практически нет единообразного представления информации. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

2. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>);

3. 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 компрессоров и их применение, упомянутые в разных источниках, а также особенности термодинамики сжатия газов. У разных авторов отличаются схемы и описания к ним для изучаемых типов насосов, рассматриваются разные достоинства и недостатки. Однако противоречий между ними нет, хотя некоторые описания могут быть сложны для восприятия (например, схема работы винтового компрессора), поэтому будет полезным изучить их с разных точек зрения. Тема имеет большое практическое значение, так как расчет гидравлических систем сжатия и транспортирования газов и компрессоров, входящих в эти системы, часто проводится при проектировании производственных линий. Кроме того, эти знания будут полезны при эксплуатации уже существующих систем, включающих компрессорные и вентиляционные установки.

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

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие гидравлические машины называют компрессорами? Где они применяются?
2. Что такое степень сжатия компрессора?
3. В чем отличие между компрессором, вентилятором и газодувкой?
4. Опишите конструкцию и принцип действия поршневого компрессора.
5. Опишите конструкцию и принцип действия винтового компрессора.
6. Опишите конструкцию и принцип действия центробежного вентилятора.

5-Й СЕМЕСТР

Раздел 5. Теплообменные процессы и аппараты

Лекция 1. Общая характеристика теплообменных процессов

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Основное уравнение теплопередачи. Средняя движущая сила теплообменных процессов.

Цель и задачи изучения темы: Получить базовые знания о типах и видах теплообменных процессов; получить знания о движущей силе и средней движущей силе теплообмена; изучить основное уравнение теплопередачи и физический смысл коэффициента теплопередачи; изучить схемы движения потоков.

Требования к уровню подготовленности студента: Общие закономерности математики и физики.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – теплоотдача, теплопередача, теплопроводность, теплоемкость, температуропроводность, конвекция, излучение, тепловое расширение, прямоток, противоток. 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. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>);

4. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>).

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. 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.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о различиях между теплоотдачей и теплопередачей, особенностях видах передачи и распространения тепла, об основных тепловых свойствах веществ и особенностях схем движения потоков.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Что называют теплоотдачей и теплопередачей?
2. Какие виды распространения теплы Вы знаете? Дайте определения.
3. Что называют теплоемкостью и температуропроводностью веществ?
4. Какие процессы в химической технологии относят к теплообменным?
5. В чем физический смысл коэффициента теплопередачи?
6. Какие схемы движения потоков существуют? В чем их особенности?

Лекция 2. Виды теплопередачи

Основные вопросы темы: Передача тепла теплопроводностью. Передача тепла конвекцией. Передача тепла излучением. Подобие теплообменных процессов. Теплопередача через плоскую стенку.

Цель и задачи изучения темы: Изучить основные расчетные закономерности видов распространения и передачи тепла; изучить критерии теплообмена и их физический смысл.

Требования к уровню подготовленности студента: Общие закономерности математики и физики; основы гидравлики и теплообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – закон Фурье, плотность теплового потока, конвекция, излучательная способность, критерии теплообмена, коэффициент теплоотдачи, коэффициент теплопередачи, теплопередача через плоскую стенку. К важным понятиям относятся коэффициент теплопроводности, пограничный тепловой слой, диатермичность, абсолютно черные и белые тела, термическое сопротивление. 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. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);
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. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>);
4. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на особенности расчета теплового потока через различные теплопередающие поверхности, особенности передачи тепла конвекцией и тепловым излучением, а также применимость критериев теплообмена и их физический смысл, определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в различных условиях, расчет теплового потока при теплопередаче. По общим вопросам между разными авторами нет противоречий, однако они могут расходиться во мнениях при описании смысла критериев теплообмена и методик определения коэффициентов в особых условиях (например, при конденсации). Также могут отличаться обозначения в формульных зависимостях и запись промежуточных формул.

Тема имеет большое практическое значение, так как сведения по этой лекции необходимы для проведения тепловых расчетов, которые необходимы при рассмотрении и проектировании процессов химической технологии.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать об основных закономерностях и расчетных зависимостях видов распространения тепла; знать критерии теплообмена и их физический смысл; знать методики расчета коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи; знать методику расчета теплового потока при теплопередаче.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Что характеризует закон Фурье и в чем физический смысл коэффициента теплопроводности?
2. Как определить конвективный тепловой поток?
3. Как классифицируют тела (среды) в зависимости от их способности поглощать, отражать или пропускать лучистую энергию?
4. Как определить тепловой поток при лучистом теплообмене?
5. Какие критерии характеризуют тепловое подобие? В чем их физический смысл?
6. Как определяют тепловой поток при теплопередаче через плоскую стенку?

Раздел 6. Теплообменные аппараты

Лекция 3. Промышленные способы подвода и отвода тепла

Основные вопросы темы: Классификация теплоносителей. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Аппараты с двойными стенками (рубашками).

Цель и задачи изучения темы: Получить представление о промышленных теплоносителях и требованиях к ним; изучить классификацию теплообменников; изучить конструкцию, принцип действия и особенности наиболее распространенных рекуперативных теплообменников.

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

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – первичные и вторичные греющие теплоносители, хладагенты, одно- и многоходовые кожухотрубчатые теплообменники, аппараты с двойными стенками. К важным понятиям относятся рекуперативные, регенеративные и смесительные теплообменники трубное и межтрубное пространства, вертикальные кожухотрубчатые теплообменники, гидравлическое сопротивление. Сведения по этой теме являются основными при рассмотрении промышленных теплообменных аппаратов химической технологии. Эти сведения довольно широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на особенности и области применения промышленных теплоносителей и теплообменников. Разные авторы не противоречат, но дополняют друг друга. Тема имеет и практическое значение, так как ее изучение будет полезным для выбора теплоносителей, смесительных и регенеративных теплообменников.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о классификации и областях применения теплоносителей и теплообменников; знать конструкцию, принцип действия и особенности наиболее распространенных рекуперативных теплообменников.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Какие вещества применяют в химической технологии в качестве теплоносителей?
2. Какие требования предъявляют к теплоносителям?
3. Какие требования предъявляют к теплообменникам?
4. Как классифицируют теплообменники?
5. Опишите конструкцию и принцип действия кожухотрубчатых теплообменников.
6. Опишите конструкцию и принцип действия аппаратов с двойными стенками.

Лекция 4. Выпаривание

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Однокорпусное выпаривание. Многокорпусное выпаривание.

Цель и задачи изучения темы: Получить общее представление о выпаривании; изучить основные параметры и расчетные зависимости для характеристики выпаривания; изучить конструкцию однокорпусных выпарных аппаратов.

Требования к уровню подготовленности студента: Основные знания по математике, общей и прикладной физике; основы гидравлики и теплообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – выпаривание, полезная разность температур; греющий пар; однокорпусное выпаривание, многокорпусное выпаривание. К важным понятиям относятся сепаратор, прямоток, противоток, упаренный раствор. Сведения по этой теме необходимы для понимания процесса выпаривания, конструкции и принципа действия выпарных установок. Эти сведения достаточно хорошо освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники: учебное издание, под общей ред. проф. В.Н. Посохина – М.: АСВ, 2014. – 424 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300218.html>);

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. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>).

Обзор по рекомендуемой литературе: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на понятия о первичном и вторичном паре, определение температурных депрессий, полезной разности температур и ее распределении по корпусам, на конструкцию однокорпусных и многокорпусных выпарных аппаратов. Разные авторы излагают одну точку зрения, но с разной степенью доступности, так как эта тема сравнительно сложна для восприятия. Тема имеет практическое значение для областей химической технологии, в которых применяется выпаривание – для концентрирования, выделения растворителя или очистки.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать об основных понятиях выпаривания; знать основные параметры выпаривания и расчетные зависимости для их определения; знать типовые конструкции однокорпусных и многокорпусных выпарных установок.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. В чем отличие выпаривания от испарения?
2. Что называют полезной разностью температур?
3. Какой пар называют греющим?
4. В чем особенности выпаривания при различном давлении?
5. Опишите конструкцию и принцип действия типового выпарного аппарата.
6. В чем особенности прямоточного и противоточного многокорпусного выпаривания?

Раздел 7. Основы массообменных процессов

Лекция 5. Общая характеристика массообменных процессов

Основные вопросы темы: Основные понятия и определения. Классификация массообменных процессов. Равновесие и средняя движущая сила массообменных процессов. Подobie массообменных процессов.

Цель и задачи изучения темы: Получить представление о видах и типах массообмена; изучить классификацию массообменных процессов; изучить методику определения движущей силы массообмена; получить представление о критериях, характеризующих соотношение параметров массообменных процессов.

Требования к уровню подготовленности студента: основные знания по математике, общей химии, общей и прикладной физике; основы гидравлики и теплообменных процессов.

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – массоотдача, массопередача, молекулярная и конвективная диффузии, поверхность контакта фаз, равновесная и рабочая концентрации, критерии подобия массообмена. К важным понятиям относятся массопроводность, непрерывный и ступенчатый контакты фаз. Сведения по этой теме являются базовыми и необходимы для понимания и расчета массообмена, происходящего в процессах химической технологии. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

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

2. Фролов В.Ф. Лекции по курсу "Процессы и аппараты химической технологии". - 2-е изд., истр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081581.html>);

3. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.html>);

4. 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) и физический смысл критериев подобия. 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 подобия массообмена и 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. В чем отличие непрерывного и ступенчатого контакта фаз?
6. Как определить направление переноса вещества из одной фазы в другую?

Раздел 8. Массообменные процессы со свободной границей раздела фаз

Лекция 6. Перегонка и ректификация

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

Цель и задачи изучения темы: изучить основные закономерности и виды перегонки жидких смесей; изучить особенности равновесия парожидкостных систем; изучить расчетные зависимости перегонки.

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 – перегонка, низкокипящие и высококипящие компоненты, дистиллят, кубовый остаток, закон Рауля, закон Дальтона, простая перегонка. К важным понятиям дефлегмация, уравнения рабочих линий ректификационной колонны. 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. Кудинов А.А. Тепломассообмен: учебное пособие – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 375 с. (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148>);

2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.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: 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 и массообмена в системе «жидкость - пар». Разные авторы не противоречат друг другу, но уделяют больше внимания разным вопросам данной темы. Могут отличаться расчетные зависимости, обозначения и подробность изложения. Эта тема имеет большое практическое значение для понимания и умения проводить расчеты широко распространенных процессов – перегонки и ректификации.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать о летучести компонентов жидких смесей, влиянии давления и дефлегмации на чистоту разделения смесей перегонкой; знать и уметь применять законы Рауля и Дальтона; знать методику расчета материального баланса, 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 формулируется закон Рауля? Как классифицируют жидкие смеси по величине отклонения от этого закона?

4. Как формулируется закон Дальтона? Для чего он применяется совместно с законом Рауля?
5. Как строят и используют равновесные и фазовые диаграммы?
6. Как определить число теоретических тарелок?

Лекция 7. Массообменные аппараты и установки для процессов в системах «жидкость-пар»

Основные вопросы темы: Простая перегонка. Ректификационные установки. Классификация и конструкция колонных аппаратов.

Цель и задачи изучения темы: изучить схему простой перегонки; изучить особенности проведения ректификации; изучить классификацию и конструкцию колонных аппаратов.

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

Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата: Основные понятия данной темы – ректификация бинарных смесей, укрепляющая и исчерпывающая части колонн, флегмовое число, число теоретических тарелок. К важным понятиям относятся тарельчатые колонны, насадочные колонны, дефлегмация. Эти сведения необходимы для расчета, выбора и проектирования ректификационных установок. Эти сведения широко и разносторонне освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

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

2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.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: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на конструкции установок для простой перегонки и ректификации, области применения и особенности конструкции видов ректификационных колонн, виды тарелок ректификационных колонн. Разные авторы подробно излагают сведения по данной теме, однако формулировки и обозначения могут сильно отличаться, поэтому следует ориентироваться на обозначения в лекции, предложенные автором данного УМКД. Также

могут отличаться расчетные зависимости и методики. Эти сведения имеют большое практическое значение не только для расчета процессов ректификации, но и процессов, в которых применяются колонные аппараты: сорбция, экстракция, мокрая очистка газов и т.д.

Краткие выводы по итогам изучения темы: Студенту следует знать устройство и принцип действия установок для простой перегонки и ректификации; знать классификацию и области применения колонных аппаратов; знать конструкцию и принцип действия насадочных и тарельчатых колонн.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. Опишите устройство и принцип действия установки для простой перегонки.
2. Опишите устройство и принцип действия установки для ректификации бинарных смесей.
3. Как классифицируют колонные аппараты? Для каких процессов они применяются?
4. В чем особенности различных видов колонных аппаратов?
5. Опишите конструкцию и принцип действия насадочной колонны.
6. Опишите конструкцию и принцип действия тарельчатой колонны.

Раздел 9. Массообменные процессы с участием твердой фазы

Лекция 8. Сушка

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

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

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

2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.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: 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. Назовите условия равномерного и эффективного высушивания материала.
5. Из каких периодов состоит сушка? Чем они характеризуются?
6. Опишите материальный и тепловой балансы сушки.

Лекция 9. Сушильные установки

Основные вопросы темы: Общая классификация сушилок. Туннельные сушилки. Барабанные сушилки. Сушилки с взвешенным слоем материала.

Цель и задачи изучения темы: изучить классификацию сушилок; изучить конструкцию и принцип действия типовых 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 – конвективные сушилки, барабанные сушилки, сушилки с кипящим

слоем. К важным понятиям относятся контактные сушилки, туннельные сушилки. Эти сведения являются основными для выбора сушилки и проектирования сушильных установок. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

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

2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен: учебник для вузов. – М. Издательский дом МЭИ, 2011. - 562 с. (доступ по интернет-ссылке <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383005637.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: Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на особенности видов сушилок (конвективных, контактных и т.д.) и их особенности, на конструкцию, принцип действия, преимущества и недостатки основных разновидностей сушилок (барабанных, с кипящим слоем и т.д.). 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 классификацию сушилок; конструкцию и принцип действия типовых сушилок; особенности различных видов и разновидностей сушилок.

Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:

1. По каким признакам классифицируют сушилки?
2. В чем принципиальные отличия конвективных и контактных сушилок?
3. Разделите сушилки по видам высушиваемого материала.
4. Опишите конструкцию и принцип действия туннельной сушилки.
5. Опишите конструкцию и принцип действия барабанной сушилки.
6. Опишите конструкцию и принцип действия сушилки с кипящим слоем.