

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский государственный технологический университет»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

**Нижекамск
2011**

УДК 66.01
Я 54

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиала) КГТУ.

Рецензенты:

Гарипов М.Г., кандидат технических наук, доцент;
Галеев Э.Р., кандидат технических наук.

Ямалиева, Л.Г.

Я 54 Технологические процессы и производства : методические рекомендации и контрольные задания для студентов заочной формы обучения / Л.Г. Ямалиева, Д.Н. Латыпов. - Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2011. – 46 с.

Методические рекомендации предназначены для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Технологические процессы и производства» (СД.01), направление подготовки 220300 «Автоматизированные технологии и производства», по специальности 220301(210200) «Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)», которая является базовой для изучения следующих дисциплин: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Моделирование систем», «Проектирование автоматизированных систем» и др.

В методических рекомендациях приведены программа дисциплины согласно ГОС ВПО, общие сведения по тепловым и массообменным процессам, варианты контрольных работ, методические рекомендации по выполнению контрольной работы, курсового проекта.

УДК 66.01

© Ямалиева Л.Г., Латыпов Д.Н., 2011
© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина “Технологические процессы и производства” изучается с целью освоения теоретических основ гидромеханических, тепловых, массообменных процессов, их аппаратного оформления и методов расчета основных размеров аппаратов. Такие знания необходимы для анализа и расчета химико-технологических процессов, определения оптимальных параметров ведения технологического процесса, для проектирования автоматизированных систем управления технологическими процессами. Данный курс входит в число специальных дисциплин (СД.01)

В соответствии с квалификационной характеристикой по специальности 220301 дисциплина “Технологические процессы и производства» является базовой дисциплиной для изучения курсов “Математическое моделирование химико-технологических процессов”, “Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации”, “Автоматизация технологических процессов отрасли”.

Студент, изучивший данный курс должен знать:

- физическую сущность, назначение и область применения основных процессов химической технологии;
- общие закономерности протекания гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;
- основные варианты аппаратного оформления процессов и их сравнительную характеристику;
- общие методы расчета конструктивных размеров аппаратов;
- условно графические обозначения технологического оборудования.

На лекциях, лабораторно-практических занятиях, при выполнении курсового проекта студенты должны приобрести следующие знания, умения, навыки:

- знание основных понятий, определений и терминов, характеризующие гидромеханические, тепловые и массообменные процессы;

- навыки составления материальных и тепловых балансов; расчета необходимой поверхности теплообмена; определение диаметра и высоты колонных аппаратов;

- навыки пользования технической и справочной литературой;

- навыков экспериментального исследования некоторых закономерностей гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;

- умения составления функциональной схемы технологического процесса;

- навыки оформления конструкторской документации согласно ЕСКД.

Контрольная работа состоит из трех задач по теплопередаче и двух задач по массопередаче (ректификация, абсорбция).

При самостоятельном изучении дисциплины рекомендуется вести конспект в виде ответов на вопросы, которые представлены как вопросы для подготовки к экзаменам.

При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Выбрать вариант и условия задачи.

Вариант выбирается по номеру зачетной книжки. Например, номер зачетной книжки студента 382116. Вариант – 16.

2. Переписать полностью условия задачи с цифровыми данными.

3. Решение задач сопровождать краткими, но четкими объяснениями, необходимыми схемами, рисунками. Определению искомых величин должны предшествовать формулы и уравнения в буквенном выражении, со ссылкой на литературный источник. Численные значения величин подставлять в том же порядке, в каком эти величины записаны в формуле.

Для каждого промежуточного и конечного результатов решения указывать размерности.

В основу настоящих методических рекомендаций положены учебники для вузов:

1. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2 ч. / Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд., перераб. - М. : Химия, 1995. – 368 с.

2. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 9-е изд. - М. : Химия. -1973. – 752 с.

3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А. А Носков ; под ред. чл. корр. АН СССР П.Г. Романкова. - 10-е изд. перераб. и доп. - Л. : Химия, 1987. - 576 с.

4. Ямалиева, Л.Г. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Л.Г. Ямалиева, А.М. Ямалиев. – Нижнекамск : изд-во НМИ, 2009. - 278 с.

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ВВЕДЕНИЕ

Цели и задачи курса “Технологические процессы и производства”. Классификация основных процессов химической технологии. Основные кинетические закономерности. Общие принципы расчетов химических аппаратов и машин: материальный и тепловой баланс, основные размеры аппаратов. Методы изучения процессов на моделях, понятие о теории подобия.

Краткие исторические сведения о развитии курса “Технологические процессы и производства”. Вклад отечественных ученых в науку о процессах и аппаратах химической технологии. Теоретические основы процессов химической технологии. Законы сохранения, равновесия и переноса количества движения (импульса), энергии (теплоты), массы.

1.2. Гидромеханические процессы

Общие сведения о гидромеханических процессах. Классификация и основные характеристики жидких и неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем и их экологическое значение.

Сущность процесса отстаивания неоднородных систем и области его применения. Материальный баланс гравитационного осаждения. Дифференциальное уравнение гравитационного осаждения. Скорость осаждения. Закон Стокса. Схемы работы отстойников для суспензий, эмульсий и газовзвесей. Схема расчета отстойника.

Осаждение под действием центробежной силы. Фактор разделения. Дифференциальное уравнение центробежного осаждения. Скорость осаждения в поле центробежных сил. Циклоны, осадительные и фильтрующие центрифуги. Расчет отстойных центрифуг.

Очистка газов в электрическом поле. Скорость осаждения в электрическом поле. Электрофильтры, конструкции, принцип работы.

Фильтрование. Общие сведения и определения. Классификация фильтров. Конструкции фильтров: рукавный фильтр, барабанный и ленточный вакуум фильтры.

Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое, пневматическое, циркуляционное перемешивание. Конструкции мешалок, их характеристики и выбор.

Псевдооживление. Общие сведения и определения. Гидродинамика псевдооживленных слоев, кривая псевдооживления. Основные параметры псевдооживленного слоя: порозность, удельная поверхность, размеры частиц и эквивалентный диаметр каналов зернистого материала, насыпная плотность, гидравлическое сопротивление зернистого слоя. Основные расчетные зависимости псевдооживленного слоя: определение критической скорости и скорости уноса, порозности, насыпной плотности и др.

1.3. Тепловые процессы и аппараты

Тепловые процессы. Основные понятия и определения. Классификация тепловых процессов. Нагревающие и охлаждающие теплоносители. Теплообменные аппараты. Классификация и конструкции рекуперативных теплообменников (кожухотрубчатые, змеевиковые, пластинчатые и др.). Регенеративные теплообменники. Регенератор с неподвижной насадкой. Смесительные теплообменники. Противоточный полочный барометрический конденсатор. Расчет теплообменников.

Выпаривание. Общие сведения и определения, область применения. Свойства растворов, имеющие значение для процессов выпаривания. Концентрационная, гидростатическая, гидравлическая депрессия; температура кипения рас-

творя на среднем уровне кипяtilьных труб; полезная и общая разность температур и др. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Выпаривание с применением теплового насоса. Материальный и тепловой баланс многокорпусных и однокорпусных выпарных установок. Распределение полезной разности температур по корпусам. Предел числа корпусов и оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Выпарные аппараты. Классификация и конструкции основных типов аппаратов (с естественной и принудительной циркуляцией, пленочные и др.).

1.4. Массообменные процессы и аппараты

Общие сведения о массообменных процессах. Классификация и общая характеристика массообменных процессов, значение этих процессов при решении экологических проблем. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии. Рабочие диаграммы. Движущая сила массообменных процессов.

Основное уравнение массопередачи. Основные законы, которым подчиняется перенос распределяемого вещества (субстанции) из одной фазы в другую. Закон молекулярной диффузии (первый закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика). Закон массоотдачи (закон Шукарева), дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Закон массопроводности. Диффузионные критерии подобия. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.

Абсорбция. Общие сведения и определения. Равновесие при абсорбции. Законы Генри, Рауля. Материальный баланс абсорбции. Уравнение рабочей линии. Степень поглощения. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Тепловой баланс абсорбции. Десорбция. Методы проведения десорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных

установок. Конструкции абсорберов. Классификация. Трубчатый пленочный абсорбер. Насадочные абсорберы. Виды насадок, их характеристика. Барботажные абсорберы. Виды тарелок. Гидродинамика насадочных и тарельчатых абсорберов. Другие виды абсорберов. Расчет абсорберов.

Перегонка жидкости. Общие сведения о процессе и области его практического применения. Простая перегонка. Перегонка с дефлегмацией. Перегонка с водяным паром Молекулярная дистилляция. Основные законы процессов дистилляции и ректификации: закон Рауля, закон Дальтона, первый и второй законы Коновалова, первый и второй законы Вревского.

Ректификация. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации. Равновесие при ректификации. Уравнения рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей части колонны. Фазовые диаграммы процесса: изотерма парциальных давлений, изобара температур кипения и конденсации, изобара равновесных концентраций в системе пар - жидкость. Минимальное и рабочее флегмовое число. Число теоретических ступеней контакта. Конструкции ректификационных колонн. Особенности устройства ректификационных колонн. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Разделение многокомпонентных смесей. Схемы установок. Методика расчета насадочных и тарельчатых ректификационных колонн.

Адсорбция. Общие сведения и определения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Конструкции адсорберов. Аппараты с неподвижным и с движущимся слоем адсорбента, с псевдооживленным слоем зернистого адсорбента. Основы расчета адсорберов. Десорбция, способы ее проведения. Общие сведения об ионообменной сорбции.

Экстракция. Основные понятия и определения. Материальный баланс процесса. Равновесие при экстракции в системе жидкость-жидкость. Изотермы экстракции. Принципиальные схемы процессов экстракции. Конструкции экстракторов: полый распылительный, насадочный, тарельчатый, роторно-дисковый и др. Расчет экстракторов.

Сушка. Общие сведения о процессе сушки. Классификация способов сушки. Форма связи влаги с материалом. Статика сушки. Равновесие при сушке. Основные параметры влажного воздуха. Диаграммы состояния влажного воздуха (диаграмма Рамзина). Материальный и тепловой балансы сушки. Кинетика процесса сушки. Кривая сушки и кривая скорости сушки. Периоды прогрева материала, постоянной и падающей скорости сушки. Конструкции сушилок. Классификация. Конвективные сушилки: туннельная, ленточная, распылительная, с псевдооживленным слоем высушиваемого материала. Контактные сушилки: вальцово – ленточная сушилка. Специальные виды сушки: радиационная, сублимационная, диэлектрическая. Расчет сушилок.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Тепловые процессы

Тепловой расчет теплообменных аппаратов является основным необходимым элементом при проектировании химико-технологических систем. От того, насколько корректно будет произведен этот расчет, будет зависеть эффективность его работы. В промышленности применяют теплообменники различного назначения: холодильники, подогреватели, конденсаторы, испарители, кипятильники. Название теплообменнику дается исходя из его целевого назначения. Теплообменники делятся на рекуперативные (поверхностные), регенеративные (с теплоаккумулирующей насадкой), теплооб-

менники смешения, тепловые трубы и комбинированные. В настоящих методических рекомендациях рассматриваются только поверхностные теплообменники непрерывного действия, работающие в установившемся режиме.

2.1.1. Расчет теплообменников

Основной характеристикой рекуперативных теплообменных аппаратов является теплопередающая поверхность или поверхность теплообмена. От ее величины зависят геометрические размеры теплообменников, стоимость их изготовления, монтажа и эксплуатации. Исходными данными для простейшего теплового расчета являются: расход одного из теплоносителей и температуры обоих теплоносителей на входе и на выходе из аппарата.

Порядок расчета теплообменника

1. Определение тепловой нагрузки аппарата, средней движущей силы и средних температур теплоносителей.
2. Определение расхода второго вещества из теплового баланса.
3. Определение ориентировочной площади поверхности теплообмена, а также выбор размеров теплообменных труб, расчет необходимого их количества при обеспечении заданного режима движения теплоносителей.
4. Предварительный выбор нормализованного теплообменника по принятым параметрам. Выписываются те фиксированные геометрические размеры аппарата, которые будут фигурировать в расчете (внутренний диаметр кожуха, число теплообменных труб и т.д.) Параметры, которые не будут непосредственно участвовать в расчете, можно варьировать для обеспечения расчетной поверхности теплообмена при окончательном выборе нормализованного аппарата.
5. Определение частных коэффициентов теплоотдачи для обоих теплоносителей с использованием критериальных уравнений для соответствующих тепловых процессов, режи-

мов теплоносителей, геометрического расположения труб и т.д. Определение термических сопротивлений стенок и загрязнений со стороны горячего и холодного теплоносителей.

6. Определение общего коэффициента теплопередачи и уточнение температур стенки со стороны горячего и холодного теплоносителей. Пересчет коэффициента теплопередачи.

7. Определение расчетной поверхности теплообмена по основному уравнению теплопередачи и окончательный выбор нормализованного теплообменника. Определение запаса поверхности теплообмена, необходимого для обеспечения длительной работы аппарата, т.к. на поверхности труб и кожуха образуются разного вида загрязнения (отложение нерастворимых осадков, накипеобразование, ржавчина и т.д.), которые снижают эффективность процесса теплообмена, уменьшая коэффициент теплопередачи.

2.1.2. Определение коэффициентов теплоотдачи

В инженерной практике используются критериальные уравнения процесса теплоотдачи. При выборе критериального уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи необходимо принимать во внимание следующее.

1. Учитывается характер теплообмена: без изменения агрегатного состояния вещества (нагревание, охлаждение), с изменением агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация).

2. Определяется режим движения теплоносителя, то есть критерий Рейнольдса.

3. Характеризуется пространство теплообменника, в котором течет теплоноситель: трубное или межтрубное.

4. Характеризуется геометрическое расположение теплообменных труб: вертикальное или горизонтальное.

5. Характеризуется наличие перемешивающих механических устройств: мешалки, пневматические устройства и т.д.

6. Характеризуется вид поверхности теплообмена: плоская, трубчатая, оребренная и т.д.

7. Характеризуется тип конструкции теплообменника - кожухотрубчатый, змеевиковый, “труба в трубе” и т.д.

2.1.3. Управления для расчета коэффициентов теплоотдачи для установившихся тепловых процессов

I. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния вещества

1. При движении теплоносителя в прямых трубах круглого сечения или в каналах некруглого сечения (трубное пространство кожухотрубчатого теплообменника, кольцевое сечение теплообменника типа “труба в трубе”) коэффициент теплоотдачи определяют из следующих уравнений.

а) При развитии турбулентном течении ($Re \geq 10000$):

$$Nu = 0,021 \varepsilon_l Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (1)$$

где Nu – критерий Нуссельта, Pr – критерий Прандля, $Pr_{ст}$ – критерий Пранд-тля, рассчитанный при температуре стенки, ε_l – коэффициент, учитывающий отношение длины трубы (L) к ее диаметру (d), при $L/d \geq 50$ $\varepsilon_l = 1$.

б) При переходном режиме движения ($2300 < Re < 10000$):

$$Nu = 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43} (Pr / Pr_{ст})^{0,25}, \quad (2)$$

или приближенно расчет можно выполнять по графику (10, с.154)

в) Ламинарный режим течения ($Re \leq 2300$):

$$Nu = 0,15 Re^{0,33} Gr^{0,1} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}. \quad (3)$$

где Gr- критерий Грасгофа. Определяющим геометрическим размером в формулах 1 – 3 является эквивалентный диаметр трубы (внутренний диаметр для труб круглого сечения). Все теплофизические характеристики теплоносителей рассчитываются при средней температуре тепловых агентов.

2. При движении теплоносителя в кольцевом сечении теплообменника типа “труба в трубе” коэффициент теплоотдачи считают по формулам 1-3, подставляя в качестве определяющего размера эквивалентный диаметр кольцевого сечения между двумя трубами:

$$d_э = D_{внутр} - d_{наруж},$$

где $D_{внутр}$ - внутренний диаметр наружной трубы, $d_{наруж}$ - наружный диаметр внутренней трубы.

3. Теплоотдача при поперечном обтекании пучка гладких труб (межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника).

при $Re < 1000$ для коридорных и шахматных пучков:

$$Nu = 0,56 \varepsilon_{\phi} Re^{0,5} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (4)$$

при $Re \geq 1000$ для коридорных пучков:

$$Nu = 0,22 \varepsilon_{\phi} Re^{0,65} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (5)$$

для шахматных пучков:

$$Nu = 0,4 \varepsilon_{\phi} Re^{0,6} Pr^{0,36} (Pr/Pr_{ст})^{0,25}. \quad (6)$$

Определяющая температура – средняя температура жидкости, определяющий размер – наружный диаметр трубы. Коэффициент ε_{ϕ} , учитывающий влияние угла атаки ϕ в

формулах (4-6) принимается применительно к кожухотрубчатым теплообменникам с поперечными перегородками равным 0,6.

II. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества

1. При пленочной конденсации насыщенного пара любых веществ коэффициент теплоотдачи определяют следующим образом:

а) в случае конденсации на пучке n вертикальных труб высотой H с наружным диаметром d среднее значение коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha = 2,04 \varepsilon_r \cdot \varepsilon_t \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r}{\mu \cdot \Delta t \cdot H}} = 3,78 \varepsilon_r \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot n}{\mu \cdot G}} \quad (7)$$

б) в случае конденсации на наружной поверхности пучка горизонтальных труб с наружным диаметром d :

$$\alpha = 0,728 \varepsilon \cdot \varepsilon_t \sqrt[4]{\frac{\lambda^3 \rho^2 r g}{\mu \cdot \Delta t \cdot d}} \quad (8)$$

В формулах (7-8): по рис. 4.7 [4.1.4] можно определить коэффициент ε ; ε_t - поправочная функция, учитывающая вязкость и теплопроводность конденсата при температуре стенки ($\mu_{ст}$, $\lambda_{ст}$):

$$\varepsilon_t = \left[\left(\frac{\lambda_{ст}}{\lambda} \right)^3 \frac{\mu}{\mu_{ст}} \right]^{1/8} \quad (9)$$

Определяющий размер - наружный диаметр труб, или их высота (длина), все теплофизические характеристики определяются для конденсата при температуре конденсации ($t_{конд}$), т.е. средней температуре теплоносителя.

G - массовый расход пара, кг/с; r - удельная теплота парообразования при $t_{конд}$, Дж/кг; $\Delta t = t_{конд} - t_{ст}$ - разность температур конденсации и температуры стенки; ε - поправочный

множитель, учитывающий влияние числа труб по вертикали. Определяется по рис. 4.7 [10]. Число труб по вертикали определяют по табл. 4.12. [10.].

2.1.4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ»

Задание 1.

Определить коэффициент теплоотдачи для жидкости, проходящей по кольцевому (межтрубному) пространству теплообменника «труба в трубе» со скоростью ω м/с; средняя температура стенки $t_{ст}$ °С. Наружная труба теплообменника 54x4,5 мм, внутренняя 26x3 мм. Средняя температура жидкости $t_{ср}$ °С (табл.1)

Таблица 1

| Задачи | Жидкость | ω , м/с | $t_{ст}$, °С | $t_{ср}$, °С |
|--------|--------------------------|----------------|---------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Вода | 0,5 | 30 | 40 |
| 2. | Бензол | 0,5 | 30 | 40 |
| 3. | Толуол | 0,5 | 30 | 40 |
| 4. | Четыреххлористый углерод | 0,5 | 30 | 40 |
| 5. | Сероуглерод | 0,5 | 30 | 40 |
| 6. | Метиловый спирт | 0,5 | 30 | 40 |
| 7. | Этиловый спирт | 0,5 | 30 | 40 |
| 8. | Бутиловый спирт | 0,6 | 35 | 45 |
| 9. | Уксусная кислота | 0,6 | 35 | 45 |
| 10. | Хлороформ | 0,6 | 35 | 45 |
| 11. | Ацетон | 0,6 | 35 | 45 |
| 12. | Этилацетат | 0,6 | 35 | 45 |
| 13. | Анилин | 0,7 | 40 | 50 |
| 14. | Бензол | 0,7 | 40 | 50 |
| 15. | Толуол | 0,7 | 40 | 50 |
| 16. | Ацетон | 0,7 | 40 | 50 |
| 17. | Этилацетат | 0,8 | 45 | 55 |
| 18. | Ацетон | 0,8 | 45 | 55 |
| 19. | Хлороформ | 0,8 | 45 | 55 |
| 20. | Этиловый спирт | 0,8 | 45 | 55 |
| 21. | Метиловый спирт | 0,85 | 45 | 55 |
| 22. | Сероуглерод | 0,86 | 40 | 50 |
| 23. | Уксусная кислота | 0,87 | 40 | 50 |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--------------------------|------|----|----|
| 24. | Бутиловый спирт | 0,88 | 40 | 50 |
| 25. | Четыреххлористый углерод | 0,89 | 40 | 50 |
| 26. | Этилацетат | 0,9 | 38 | 48 |
| 27. | Бензол | 1,6 | 38 | 48 |
| 28. | Толуол | 1,1 | 38 | 48 |
| 29. | Вода | 1,2 | 38 | 48 |
| 30. | Хлороформ | 1,3 | 38 | 48 |

Задание 2

Определить поверхность теплопередачи горизонтального кожухотрубчатого теплообменника для нагрева G кг/ч жидкости от температуры 18°C до температуры кипения $t_{\text{кип.}}^{\circ}\text{C}$ при атмосферном давлении. Нагрев произвести насыщенным водяным паром давлением $P_{\text{абс}}$ (табл.2)

Таблица 2

| № задачи | Жидкость | G , кг/ч | $t_{\text{кип.}}^{\circ}\text{C}$ | $P_{\text{абс}}$, ат |
|----------|--------------------------|------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Вода | 30000 | 100 | 2 |
| 2. | Бензол | 30000 | 80,2 | 2 |
| 3. | Толуол | 30000 | 110,8 | 2 |
| 4. | Метиловый спирт | 28000 | 64,7 | 2 |
| 5. | Этиловый спирт | 26000 | 78,3 | 2 |
| 6. | Хлороформ | 25000 | 61,2 | 2 |
| 7. | Сероуглерод | 30000 | 46,3 | 2 |
| 8. | Четыреххлористый углерод | 30000 | 76,7 | 2 |
| 9. | Этилацетат | 26000 | 77,15 | 2 |
| 10. | Бутиловый спирт | 28000 | 117,7 | 2 |
| 11. | Толуол | 25000 | 110,8 | 3 |
| 12. | Вода | 35000 | 100 | 3 |
| 13. | Бутиловый спирт | 38000 | 117,7 | 3 |
| 14. | Хлороформ | 15000 | 61,2 | 3 |
| 15. | Сероуглерод | 20000 | 46,3 | 3 |
| 16. | Четыреххлористый углерод | 20000 | 76,7 | 3 |
| 17. | Этилацетат | 30000 | 77.15 | 3 |
| 18. | Метиловый спирт | 20000 | 64,7 | 1,2 |
| 19. | Этиловый спирт | 20000 | 78,3 | 1,2 |
| 20. | Бензол | 20000 | 80,2 | 1,4 |
| 21. | Метилацетат | 30000 | 57,5 | 1,2 |

| | | | | |
|-----|-------------|-------|-------|-----|
| 22. | Ацетон | 32000 | 56 | 1,2 |
| 23. | Вода | 15000 | 100 | 1,6 |
| 24. | Бензол | 18000 | 80,2 | 1,6 |
| 25. | Толуол | 15000 | 110,8 | 1,6 |
| 26. | Метилацетат | 20000 | 57,5 | 1,6 |
| 27. | Этилацетат | 20000 | 77,15 | 1,6 |
| 28. | Ацетон | 15000 | 56 | 1,4 |
| 29. | Хлороформ | 25000 | 61,2 | 1,2 |
| 30. | Сероуглерод | 12000 | 46 | 1,2 |

Задание 3

Определить коэффициент теплоотдачи конденсирующегося водяного пара, если пар движется по вертикальным трубам высотой H метров. Давление пара P . Разность между температурой пара и температурой стенки принять равной Δt (табл.3)

Таблица 3

| № задачи | $H, м$ | $P, ат$ | $\Delta t, ^\circ C$ | № задачи | $H, м$ | $P, ат$ | $\Delta t, ^\circ C$ |
|----------|--------|---------|----------------------|----------|--------|---------|----------------------|
| 1. | 2 | 2,0 | 8 | 5. | 3,5 | 1,6 | 4 |
| 2. | 3 | 1,6 | 4 | 6. | 4,8 | 2,0 | 2 |
| 3. | 4 | 1,2 | 6 | 7. | 5,0 | 1,8 | 5 |
| 4. | 2,5 | 1,8 | 3 | 8. | 5,5 | 1,4 | 7 |
| 9 | 4 | 1,2 | 6 | 20. | 2,6 | 2,0 | 8 |
| 10. | 4,2 | 2,0 | 8 | 21. | 3,4 | 1,6 | 4 |
| 11. | 4,6 | 1,2 | 8 | 22. | 4,7 | 1,4 | 8 |
| 12. | 4,8 | 1,4 | 4 | 23. | 4,2 | 1,8 | 6 |
| 13. | 2,2 | 1,6 | 6 | 24. | 3,8 | 1,2 | 3 |
| 14. | 3,5 | 1,8 | 3 | 25. | 3,6 | 2,0 | 4 |
| 15. | 4,2 | 2,0 | 4 | 26. | 2,6 | 1,2 | 2 |
| 16. | 5,2 | 1,2 | 2 | 27. | 2,4 | 1,4 | 5 |
| 17. | 5,4 | 1,4 | 5 | 28. | 3,4 | 1,6 | 7 |
| 18. | 4 | 1,6 | 7 | 29. | 5,2 | 1,8 | 6 |
| 19. | 2,8 | 1,8 | 6 | 30. | 5,4 | 2,0 | 8 |

3. МАССООБМЕННЫЕ (ДИФФУЗИОННЫЕ) ПРОЦЕССЫ

3.1. Методические рекомендации к изучению массообменных процессов

К массообменным (диффузионным) процессам относятся: перегонка, ректификация, абсорбция, экстрагирование, экстракция, адсорбция, сушка, кристаллизация и мембранные процессы. В данном разделе студент должен изучить методы физико-химического разделения газовых, жидких и твердых систем, основанных на переносе массы вещества (диффузии) из одной фазы в другую через границу раздела фаз. Изучение необходимо начинать с общей теории массопередачи, обратив особое внимание на равновесные зависимости массообменных процессов, законы массопереноса, на механизм переноса массы вещества из одной фазы в другую, состав фаз, движущую силу и среднюю движущую силу. Необходимо четко представлять и изображать фазовую диаграмму любого массообменного процесса, понимать и уметь построить на ней рабочую и равновесную линии. При расчете массообменных процессов необходимо уметь составлять материальные и тепловые балансы, хорошо усвоить общие методы расчета основных размеров аппарата с помощью коэффициентов массопередачи, числа единиц переноса и высоты единицы переноса, числа ступеней изменения концентраций.

Процессы перегонки и ректификации (система пар-жидкость): определение процесса и применение в химической промышленности. Равновесие в системах пар-жидкость и изображение равновесных линий идеальных и неидеальных систем в X-Y и T-X,Y диаграммах. Принципиальная схема процесса ректификации для разделения двухкомпонентных смесей, материальный и тепловой балансы, изображение на фазовой диаграмме рабочих линий процесса ректификации при минимальном, максимальном и оптимальном флегмовых числах, способы определения оптимального флегмового чис-

ла. Знать и уметь изображать схемы ректификации многокомпонентных смесей, периодической ректификации; схемы процессов разделения, основанные только на разной летучести компонентов смеси; принципиальные конструкции ректификационных аппаратов и их расчет.

Процесс абсорбции (система газ-жидкость): определение процесса и применение в промышленности, равновесие в системах газ-жидкость, закон Генри. Принципиальные схемы абсорбционных процессов, материальный баланс, изображение процесса на фазовой диаграмме X-Y. Основные конструкции абсорбционной аппаратуры и методы ее расчета.

Процесс экстрагирования (система жидкость-твердое тело): определение процесса и использование в химической технологии; равновесие в системах жидкость-твердое тело, изображение на фазовой диаграмме рабочей и равновесной линии процесса; принципиальные схемы экстрагирования и их изображение на фазовой диаграмме Y-X; материальный баланс и кинетика процесса; конструкции экстракционной аппаратуры и ее расчет.

Процесс адсорбции (систем твердое тело - парогазовая или жидкая смесь): определение и промышленное применение процесса, физическая сущность, равновесие при адсорбции, принципиальные схемы процесса адсорбции и их графическое представление, материальный баланс и кинетические закономерности, конструкции адсорберов и принципиальные схемы адсорбционных установок непрерывного и периодического действия.

Процесс сушки (система твердое тело - парогазовая смесь); определение и промышленное применение процесса, равновесие в сушильных процессах, свойства влажного воздуха и I-X диаграмма Рамзина, умение пользоваться ею при расчете сушильных процессов.

Студенты выполняют задания согласно номеру варианта по темам: ректификация, абсорбция, сушка. Расчетная работа

выполняется в единой системе единиц (СИ) с указанием размерности всех величин, встречающихся в задаче. Номер варианта студент выбирает по последним двум цифрами номера зачетной книжки из таблицы данных, составленных к каждой задаче.

Расчетная работа должна содержать титульный лист (номер работы, фамилия, имя, отчество студента, номер группы, шифр, название работы, вариант, дату), полное изложение текста задачи со своими данными, схему процесса или аппарата с указанием направления течения материальных потоков, расчет, эскиз аппарата с основными размерами.

Задание 4

В ректификационную колонну непрерывного действия подается G_f (кг/ч) исходной смеси с начальной концентрацией легколетучего компонента \bar{x}_F (% масс.). Содержание легколетучего компонента в дистилляте \bar{x}_D (% масс.), в кубовом остатке \bar{x}_W (% масс.). Давление в колонне атмосферное. Рассчитать диаметр и высоту ректификационной колонны (табл.4).

Примечание: Высоту слоя насадки H_H рассчитать через высоту, эквивалентную теоретической тарелке (ВЭТТ) h_3 и число теоретических тарелок n_T (ступеней изменения концентраций). При выборе размеров насадки из колец Рашига принять, что оптимальное отношение диаметра кольца насадки к диаметру колонны равно 0,033. Дать технологическую схему ректификационной установки.

Таблица 4

| Вариант | Смесь | G_f кг/ч | \bar{X}_F % | \bar{X}_D % | \bar{X}_W % | Тип колонны |
|---------|-------------------------|---------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| 1 | Этиловый спирт-вода | 1500 | 30 | 80 | 3 | Сит. тар. |
| 2 | | 2500 | 35 | 82 | 4 | |
| 3 | | 3500 | 38 | 84 | 5 | Колпач. тар. |
| 4 | | 4500 | 36 | 78 | 6 | |
| 5 | | 5500 | 40 | 83 | 4 | Насад. |
| 6 | | 6500 | 32 | 81 | 3 | |
| 7 | Уксусная кислота – вода | 9000 | 30 | 96 | 6 | Сит. тар. |
| 8 | | 8000 | 35 | 98 | 5 | |
| 9 | | 7000 | 32 | 94 | 4 | Кол. тар. |
| 10 | | 6000 | 38 | 88 | 3 | |
| 11 | | 5000 | 40 | 95 | 4 | Насад. |
| 12 | | 4000 | 36 | 96 | 5 | |
| 13 | Этанол метанол | 1200 | 25 | 88 | 6 | Сит. тар. |
| 14 | | 1440 | 35 | 90 | 4 | |
| 15 | | 1600 | 40 | 85 | 5 | Кол. |
| 16 | Этанол метанол | 2000 | 34 | 84 | 4 | Насад. |
| 17 | | 2500 | 36 | 86 | 6 | |
| 18 | | 3000 | 38 | 82 | 5 | |
| 19 | Метиловый спирт - вода | 6000 | 32 | 80 | 6 | Сит. тар. |
| 20 | | 7000 | 36 | 82 | 4 | |
| 21 | | 8000 | 38 | 84 | 5 | Колпач. тар. |
| 22 | | 9000 | 40 | 86 | 6 | |
| 23 | | 6500 | 30 | 88 | 4 | Насад. |
| 24 | | 6700 | 34 | 80 | 7 | |
| 25 | Хлороформ-бензол | 9200 | 40 | 96 | 4 | Сит. тар. |
| 26 | | 9400 | 38 | 94 | 5 | |
| 27 | | 9300 | 36 | 94 | 6 | Кол. тар. |
| 28 | | 9100 | 35 | 96 | 5 | |
| 29 | | 9000 | 34 | 97 | 4 | Насад. |
| 30 | | 8800 | 37 | 95 | 3 | |

Задание 5

Рассчитать диаметр и высоту насадки абсорбера для улавливания из воздуха

компонента *A* поглотителем *B*. Рассчитать также расход поглотителя в м³/ч, если расход газовой смеси в рабочих условиях *V* (м³/ч) с концентрацией компонента *A* \bar{C}_{yn} (%), объемн.), степень улавливания составляет C_n (%). Концентрация компонента *A* в поглотителе *B* на входе в абсорбер $X_n = 0$ [кмоль *A*/ кмоль *B*], а на выходе составляет φ % от максимально возможной в данных условиях, т.е. от равновесной с входящим газом. Уравнение линии равновесия имеет вид $Y^* = f(X)$, где Y [кмоль *A*/кмоль воздуха], X [кмоль *A*/кмоль *B*]. Скорость газа в абсорбере w м/с, коэффициент массопередачи K_X [кмоль *A*/ (м²·ч·кмоль *A* /кмоль *B*)], коэффициент смоченности насадки $\psi = 0,88$. В качестве насадки используются кольца Рашига размером 25x25x3мм, давление в колонне P МПа и температура 20 °С. Дать принципиальную схему абсорбера и фазовую диаграмму $Y-X$ (табл.5).

Таблица 5

| Вариант | A | B | V м ³ /ч | \bar{C}_{yn} % | C_n % | φ % | $Y^* = f(X)$ | ω , м/с | K_X | P МПа |
|---------|--------|------|--------------------------|---------------------|------------|----------------|-----------------|-------------------|-------|------------|
| 1 | Аммиак | Вода | 1400 | 6 | 80 | 60 | $Y^* =$ | 0,2 | 0,5 | 0,12 |
| 2 | | | 1600 | 7 | 90 | 65 | 1,8X | | | |
| 3 | | | 1800 | 8 | 85 | 70 | $Y^* =$ 1,2X | | | |
| 4 | | | 2000 | 5 | 82 | 64 | | 0,5 | 0,7 | 0,12 |
| 5 | | | 2200 | 7 | 84 | 66 | | 0,6 | 0,65 | 0,14 |
| 6 | | | 2400 | 6 | 86 | 70 | | 0,7 | 0,35 | 0,22 |
| 7 | Ацетон | Вода | 4000 | 5,6 | 96 | 60 | $Y^* =$ 1,6X | 0,90 | 0,7 | 0,10 |
| 8 | | | 4500 | 7,8 | 94 | 65 | | 0,82 | 0,8 | 0,12 |
| 9 | | | 5000 | 9,6 | 95 | 70 | | 0,74 | 0,9 | 0,14 |
| 10 | | | 5500 | 6,5 | 92 | 64 | | 0,65 | 0,88 | 0,12 |
| 11 | | | 5600 | 8,2 | 88 | 66 | | 0,55 | 0,86 | 0,14 |
| 12 | | | 5800 | 8,4 | 86 | 70 | | 0,65 | 0,84 | 0,12 |

Продолжение табл. 5

| Вариант | А | В | V м ³ /ч | \bar{C}_{yn} % | C _n % | φ % | Y* = f(X) | ω , м/с | K _x | P МПа |
|---------|--------------------------------|------|------------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------------|-------------------|----------------|----------|
| 13 | Дву- окись угле- рода | Вода | 3000 | 30 | 86 | 60 | Y* = 1,5X | 0,1 | 0,52 | 2,2 |
| 14 | | | 4000 | 32 | 84 | 65 | | 0,2 | 0,65 | 1,8 |
| 15 | | | 4500 | 28 | 85 | 70 | | 0,4 | 0,55 | 1,6 |
| 16 | | | Y* = 1,7X | 4800 | 26 | 82 | 64 | 0,3 | 0,72 | 2,0 |
| 17 | | | | 5000 | 28 | 84 | 66 | 0,4 | 0,65 | 2,2 |
| 18 | | | | 5400 | 30 | 86 | 70 | 0,5 | 0,35 | 1,6 |
| 19 | Эти- ловый спирт | Вода | | 2800 | 4 | 80 | 60 | Y* = 1,1X | 0,1 | 0,52 |
| 20 | | | 2700 | 6 | 82 | 65 | 0,2 | | 0,65 | 0,4 |
| 21 | | | 3000 | 8 | 83 | 70 | 0,4 | | 0,55 | 0,6 |
| 22 | | | Y* = 1,7X | 3200 | 5 | 84 | 64 | 0,3 | 0,72 | 0,8 |
| 23 | | | | 3400 | 4 | 84 | 66 | 0,4 | 0,65 | 1,2 |
| 24 | | | | 3600 | 6 | 86 | 70 | 0,5 | 0,35 | !4 |
| 30 | | | | 5800 | 8.4 | 86 | 70 | 0,65 | 0,84 | 0,12 |

4. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Курсовой проект по курсу «Технологические процессы и производства» является самостоятельной итоговой работой студента. Цель курсового проектирования:

- закрепить и расширить полученные по данной дисциплине теоретические знания;
- привить студентам навыки самостоятельной работы по расчетам химической аппаратуры;
- привить навыки пользования технической литературой, справочными изданиями, каталогами;
- развить навыки по графическому оформлению проекта и пояснительной записки согласно ЕСКД.

В методических рекомендациях приведены задания на курсовые проекты; последовательность расчета основных аппаратов; общие сведения об объеме, содержании, оформлении проекта, а также список рекомендуемой литературы.

Получив задание на курсовой проект, студент должен изучить литературу по заданной теме. Основными источниками являются конспекты, самостоятельно подготовленные студентом во время изучения дисциплины, конспекты обзорных лекций и учебники, дополнительная литература, рекомендованная руководителем проекта.

4.1. Оформление расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана черной пастой (или напечатана) на писчей бумаге формата А4, на одной стороне листа в соответствии с требованиями ЕСКД. В тексте должны быть ссылки на использованную литературу для расчетных формул, физических величин и других справочных данных. Ссылки на литературу даются в квадратных скобках, в которых проставляется цифра, указывающая порядковый номер данного источника в списке использованной литературы и страница. Например: [2, с.319].

Список использованной литературы приводится в конце пояснительной записки. Список составляется в алфавитном порядке и должен содержать полное название книги с указанием фамилии и инициалов автора, наименование издательства, год и место издания. Например: З. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков ; под ред. чл. корр. АН СССР П.Г. Романкова. -10-е изд. перераб. и доп. - Л. : Химия, 1987. - 576 с.: ил.

В тексте допускаются только общепринятые сокращения слов. Все расчетные формулы сначала записываются в алгебраическом виде, затем расшифровываются наименования и размерности входящих в формулу физических величин. После этого подставляются числовые значения величин в том же порядке, в каком эти величины записаны в формуле и приводится результат расчета.

Расчетно-пояснительная записка должна быть иллюстрирована необходимыми схемами, эскизами, графиками и содержать: титульный лист, задание на курсовой проект, введение. Расчетная часть должна содержать пересчет состава фаз, материальный баланс аппарата, рабочие диаграммы процесса, расчет конструктивных размеров аппарата. После конструктивного расчета производится компоновка аппарата из стандартных деталей. Далее, для проектированного аппарата производится тепловой, гидравлический и механический расчеты.

Графическое оформление проекта можно выполнить согласно [2].

Это методические указания по выполнению и оформлению курсового проекта по процессам и аппаратам химической технологии. В методических указаниях приведены методика выполнения и правила оформления пояснительной записки и графической части при курсовом проектировании по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» с учетом основных положений ЕСКД. Рассмотрена область распространения стандартов ЕСКД применительно к курсовому проекту, виды и комплектность конструкторских документов, правила выполнения чертежей, схем, основных надписей, спецификаций и таблиц.

4.2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА АППАРАТОВ

4.2.1. Порядок расчета кожухотрубчатого теплообменника (дефлегматор, кипятильник кубового остатка, подогреватель исходной смеси)

1. Составляется тепловой баланс и определяется тепловая нагрузка теплообменника.

2. Определяется расход теплоносителя или охлаждающей воды (в некоторых случаях с помощью теплового баланса уточняются температуры теплоносителей).

3. Выбирается взаимное направление движения теплоносителей и решается вопрос о том, какой из них направляется в трубное и межтрубное пространство. При решении этого вопроса следует руководствоваться интенсивностью теплообмена и удобства чистки теплообменной поверхности.

3.1. Если одним из теплоносителей является насыщенный водяной пар, его направляют в межтрубное пространство, так как коэффициент теплоотдачи при конденсации пара не зависит от скорости движения пара, следовательно, зависит от площади поперечного сечения межтрубного пространства. Нагреваемая среда направляется в трубное пространство.

3.2. Если оба теплоносителя в процессе теплообмена не меняют своего агрегатного состояния, то в межтрубное пространство направляют тот из них который меньше загрязняет поверхность теплообмена.

3.3. Если свойства теплоносителей подобны, в межтрубное пространство направляется теплоноситель с большей теплопроводностью.

4. Определяется средний температурный напор.

5. Задав диаметр трубок и скоростью теплоносителя в трубах, определяют число трубок.

6. Приняв шаг между трубками, определяют диаметр кожуха.

7. Определяется площадь живого сечения межтрубного пространства и скорость теплоносителя в межтрубном пространстве.

8. Определяется критерий Рейнольдса для обоих теплоносителей, коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи.

9. Определяется поверхность теплопередачи.

10. Определяется длина трубного пучка. Если длина пучка труб получится больше допустимой, теплообменник проектируется многоходовым. Для этого выбирается длина одного хода, определяется число ходов, затем общее число труб и рассчитывается диаметр кожуха.

11. Определяется диаметры патрубков штуцеров, выбираются фланцы.

12. Выбираются крышки (днища) по диаметру аппарата и фланцы к ним.

13. После теплового и конструктивного расчета производится гидравлический расчет.

4.3. Порядок расчета ректификационных колонн

Основными элементами ректификационных установок непрерывного действия являются: подогреватель исходной смеси, колонна, дефлегматор, кипятильник кубового остатка, сборники дистиллята и кубового остатка.

1. Составляется материальный баланс и определяется расход дистиллята и кубового остатка.

2. Пересчитываются заданные массовые концентрации низкокипящего компонента в исходной смеси, в дистилляте и в кубовом остатке в мольные доли.

3. Рассчитывается равновесные концентрации низкокипящего компонента в жидкой и паровой фазах.

4. Производится построение изобары равновесных концентраций (У-Х диаграмма) и изобары температур кипения и конденсации ($t - Y, X$ диаграмма).

5. Определяется минимальное и оптимальное флегмовое число.

6. Описываются уравнения рабочих линий.

7. Определяется число теоретических и действительных тарелок.

8. Определяется диаметр и высота колонны.

9. Производится тепловой, гидравлический, механический расчет ректификационной колонны.

Примечание: При расчете насадочной ректификационной колонны необходимо определить число теоретических тарелок, эквивалентную высоту насадки, затем высоту насадки и диаметр колонны. Необходимую для определения

диаметра колонны и эквивалентной высоте насадки скорость паров определить из условия оптимальной нагрузки колонны по жидкости и пару.

4.4. Порядок расчета абсорбционных аппаратов

1. Пересчитываются массовые или объемные концентрации в относительные мольные.
2. Определяется количество поглощаемого компонента и количество поглотителя.
3. Определяется оптимальная, затем рабочая скорость газа.
4. Рассчитывается диаметр абсорбера.
5. Определяется средняя движущая сила процесса.
6. Определяется коэффициент массопередачи.
7. Определяется поверхность насадки, объем, высота насадки и абсорбера.
8. Определяются диаметры штуцеров, подбираются крышка, днище (механический расчет).
9. Рассчитывается гидравлическое сопротивление абсорбера.

Примечание: если рассчитывается абсорбер тарельчатого типа, то вместо пунктов 6,7, определяется графическим методом число тарелок, затем высота абсорбера.

Образец задания для выполнения курсового проекта приведена ниже.

Министерство образования и науки РФ
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
ГОУ ВПО «КГТУ»

Дата выдачи задания _____ Срок исполнения _____

Задание на курсовой проект

Ф.И.О. студента _____

Тема проекта _____

Данные по проекту _____

В проекте должно быть выполнено:

1. Расчетная часть

- 1.1 Пересчет состава фаз.
- 1.2 Материальный баланс аппарата.
- 1.3 Рабочие диаграммы процесса.
- 1.4 Расчет конструктивных размеров аппарата.
- 1.5 Компоновка аппарата.
- 1.6 Тепловой расчет колонны.
- 1.7 Гидравлический расчет.
- 1.8 Механический расчет.
- 1.9 Описание технологической схемы.

2. Графическая часть

- 2.1 Технологическая схема - 1 лист
- 2.2 Чертеж общего вида аппарата - 1 лист

Консультант _____

ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
по дисциплине «Технологические процессы и производства»

Таблица 6

| | Ф. И. О. | Задание | Срок вы- дачи за- дания | Срок вы- полнения задания |
|----|----------|--|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | | Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения 22 т/ч смеси этиловый спирт - вода. Содержание легколетучего компонента в исходной смеси 37%, в дистилляте 86%, в кубовом остатке 6%. Проценты массовые. | | |
| 2. | | Рассчитать дефлегматор ректификационной установки для разделения 20 т/ч смеси хлороформ-бензол. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси – 40% (масс.), в дистилляте – 96% (масс.), в кубовом остатке – 4% (масс.). Охлаждение в дефлегматоре ведется промышленной водой, которая нагревается с 8 °С до 40 °С. | | |
| 3. | | Рассчитать кипятыльник кубового остатка для разделения 22 т/ч смеси хлороформ-бензол. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 4%. Проценты массовые. Подогрев ведется водяным паром. Р= 2 ат. | | |
| 4. | | Рассчитать насадочную ректификационную колонну с кольцами Рашига 35x35x4 мм. для разделения 20 т/ч смеси этиловый спирт - вода. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси 36%, в дистилляте 84%, в кубовом остатке 4% (% массовые) | | |

Продолжение табл. 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|--|---|---|
| 5. | | Рассчитать дефлегматор ректификационной колонны для разделения 10000 кг/ч смеси этиловый спирт – вода. Концентрация этилового спирта в исходной смеси – 38%, в дистилляте – 80%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. Начальная температура охлаждающей воды 10 ⁰ С, которая нагревается до 42 ⁰ С. | | |
| 6. | | Рассчитать ректификационную колонну с ситчатыми тарелками для разделения 15 т/ч смеси метиловый спирт – вода. Содержание легколетучего компонента в исходной смеси 37%, в дистилляте 86%, в кубовом остатке 6% (проценты массовые). | | |
| 7. | | Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения 18 т/ч смеси ацетон – этиловый спирт. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 28%, в дистилляте 92%, в кубовом остатке 5%. Проценты массовые. | | |
| 8. | | Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 18 т/ч смеси вода – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 5%. Проценты массовые. | | |
| 9. | | Рассчитать подогреватель исходной смеси ректификационной установки для подогрева 15 т/ч смеси бензол – толуол с 10 ⁰ С до температуры кипения. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 3%. Проценты массовые. Подогрев ведется насыщенным водяным паром Р=2 ат. | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|--|---|---|
| 10. | | Произвести расчет кожухотрубчатого дефлегматора ректификационной установки для разделения 15 т/ч смеси бензол- толуол. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. Охлаждающая вода нагревается от 8 ⁰ С до 42 ⁰ С. | | |
| 11. | | Рассчитать дефлегматор ректификационной установки для разделения 18 т/ч смеси бензол–толуол. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 38%, в дистилляте – 98%, в кубовом остатке – 3% (проценты массовые). Охлаждение в дефлегматоре ведется промышленной водой с начальной температурой 10 ⁰ С. Вода нагревается до 40 ⁰ С. | | |
| 12. | | Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 20 т/ч смеси вода – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 36%, в дистилляте 92%, в кубовом остатке 2%. Проценты массовые. | | |
| 13. | | Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения 30 т/ч смеси. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 3%. (Проценты массовые). Разделяемая смесь метиловый спирт – этиловый спирт. Давление в колонне P= 2,6 ат. | | |

Продолжение табл. 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|--|---|---|
| 14. | | Рассчитать дефлегматор ректификационной установки для разделения 30 т/ч смеси метиловый спирт – этиловый спирт. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3% (проценты массовые). Охлаждение в дефлегматоре ведется промышленной водой с начальной температурой 8 °С. Вода нагревается до 36° С. | | |
| 15. | | Рассчитать кипятыльник кубового остатка ректификационной установки для разделения 30 т/ч смеси метиловый спирт – этиловый спирт. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3% (проценты массовые). Нагревание в кипятыльнике ведется насыщенным водяным паром P = 1,6 ат. | | |
| 15. | | Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 30 т/ч смеси хлороформ - бензол. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 4%. Проценты массовые. Давление в колонне P = 2,3 ат. | | |
| 16. | | Рассчитать насадочную ректификационную колонну для разделения 30 т/ч смеси хлороформ - бензол. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси - 40% (масс.), в дистилляте - 96%, в кубовом остатке - 4%. Колонна работает под давлением P=2,3 ат. В качестве насадки используется кольца Рашига 25x25x3 мм. | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|--|---|---|
| 17. | | Рассчитать кипятильник кубового остатка ректификационной установки для разделения 30 т/ч смеси хлороформ – бензол. В качестве нагревающего агента использовать насыщенный водяной пар $P=2$ ат. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. | | |
| 18. | | Рассчитать дефлегматор ректификационной установки для разделения 30 т/ч смеси хлороформ – бензол. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 4% (проценты массовые). Охлаждающая вода нагревается от 8°C до 38°C . | | |
| 19. | | Рассчитать насадочную колонну для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси - 40%(масс.), в дистилляте 96%, в кубовом остатке 3%. Колонна работает под давлением $P = 2,8$ ат. В качестве насадки используется кольца Рашига $25 \times 25 \times 3$ мм. | | |
| 20. | | Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 3%. Проценты массовые. Давление в колонне $P = 2,8$ ат. | | |

Продолжение табл. 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|--|---|---|
| 21. | | Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 40%, в дистилляте 96%, в кубовом остатке 3%. Проценты массовые. Давление в колонне $P = 2,8$ ат. | | |
| 22 | | Рассчитать ректификационную колонну с ситчатыми тарелками для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси - 40%, в дистилляте - 96%, в кубовом остатке -3%. Проценты массовые. Давление в колонне $P = 2,8$ ат. | | |
| 23 | | Рассчитать дефлегматор ректификационной установки для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3% (проценты массовые). Охлаждение в дефлегматоре ведется промышленной водой с начальной температурой 10°C . Вода нагревается до 38°C . | | |
| 24. | | Рассчитать кипятивильник кубового остатка ректификационной установки для разделения 22 т/ч смеси муравьиная кислота – уксусная кислота. Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси – 40%, в дистилляте – 96%, в кубовом остатке – 3% (проценты массовые). Нагревание в кипятивильнике ведется насыщенным водяным паром $P = 2$ ат. | | |
| 25. | | Рассчитать насадочный абсорбер для поглощения двуокиси углерода из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 760 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20°C . Через абсорбер проходит $12000 \text{ м}^3/\text{ч}$ смеси. Со- | | |

Продолжение табл. 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---|---|---|---|
| 25 | | держание двуокиси углерода в исходной смеси $\bar{C}_{уH} = 10\%$. В абсорбере улавливается 90 % двуокиси углерода. Расход поглотителя на 70% больше минимального. Коэффициент смоченности насадки $\Psi = 0,87$. | | |
| 26 | | Рассчитать абсорбер с колпачковыми тарелками для поглощения двуокиси углерода из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 745 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 12500 м ³ /ч смеси. Содержание двуокиси углерода в исходной смеси $\bar{C}_{уH} = 12\%$. В абсорбере улавливается 90 % двуокиси углерода. Расход поглотителя на 75% больше минимального. | | |
| 27 | | Рассчитать абсорбер с клапанными тарелками для поглощения двуокиси углерода из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 735 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 11500 м ³ /ч смеси. Содержание двуокиси углерода в исходной смеси $\bar{C}_{уH} = 11\%$. В абсорбере улавливается 87 % двуокиси углерода. Расход поглотителя на 65% больше минимального. | | |
| 28 | | Рассчитать абсорбер с ситчатыми тарелками для поглощения двуокиси углерода из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 745 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 10500 м ³ /ч смеси. Содержание двуокиси углерода в исходной смеси $\bar{C}_{уH} = 10\%$. В абсорбере улавливается 90 % двуокиси углерода. Расход поглотителя подается на 75% больше минимального. | | |
| 29 | | Рассчитать насадочный абсорбер для поглощения аммиака из смеси его с возду- | | |

Продолжение таб.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|---|---|---|---|
| | | <p>хом. Давление газовой смеси 760 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Содержание аммиака в газовой смеси $C_{уН} = 14 \%$. Через абсорбер проходит 10500 м³/ч смеси В абсорбере улавливается 90 % аммиака. Расход поглотителя на 70 % больше минимального. Коэффициент смоченности насад-ки $\Psi = 0,87$.</p> | | |
| 30. | | <p>Рассчитать абсорбер с колпачковыми тарелками для поглощения аммиака из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 745 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 10500 м³/ч смеси. Содержание аммиака в газовой смеси $C_{уН} = 14 \%$. В абсорбере улавливается 90 % аммиака Расход поглотителя на 70% больше минимального.</p> | | |
| 31. | | <p>Рассчитать абсорбер с ситчатыми тарелками для поглощения аммиака из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 760 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 10500 м³/ч смеси. Содержание аммиака в газовой смеси $C_{уН} = 12,5 \%$. В абсорбере улавливается 90 % аммиака. Расход поглотителя на 70% больше минимального.</p> | | |
| 32. | | <p>Рассчитать абсорбер с клапанными тарелками для поглощения аммиака из смеси его с воздухом. Давление газовой смеси 760 мм. рт. ст.. Температура поглощающей воды 20 °С. Через абсорбер проходит 11500 м³/ч смеси. Содержание аммиака в газовой смеси $C_{уН} = 11,5 \%$. В абсорбере улавливается 90 % аммиака. Расход поглотителя на 70% больше минимального..</p> | | |

**Вопросы для подготовки к экзаменам
по дисциплине
«Технологические процессы и производства»**

1. Цели и задачи курса «Технологические процессы и производства».
2. Классификация химико-технологических процессов. Основные кинетические закономерности процессов химической технологии. Общие принципы расчета химических аппаратов и машин.
3. Общие сведения о физическом и математическом моделировании. Периодические и непрерывные процессы. Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов.
4. Теория переноса. Общие сведения. Понятие об основном балансовом соотношении: приход, уход, стоки, истоки, накопление или результат.
5. Перемешивание. Методы перемешивания. Механические мешалки, для жидких и газожидкостных сред.
6. Барботажное перемешивание, перемешивание в потоке неподвижными турбулизаторами. Циркуляционное перемешивание.
7. Псевдооживление, его значение в химико-технологических производствах.
8. Параметры зернистого слоя: порозность, гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя, удельная поверхность, свободный объем, насыпная плотность.
9. Гидродинамическая характеристика процесса псевдооживления. Кривая псевдооживления. Критическая скорость, скорость уноса.
10. Классификация жидких неоднородных систем. Методы их разделения.

11. Дифференциальное уравнение осаждения под действием силы тяжести. Гравитационное осаждение. Схема работы отстойников.
12. Осаждение в поле центробежной силы. Дифференциальное уравнение движения частиц под действием центробежной силы.
13. Циклонный процесс. Принцип работы циклонов. Циклоны типа ЦН.
14. Осадительное центрифугирование. Принцип работы осадительных центрифуг.
15. Разделение газовзвесей в электрическом поле. Закономерности осаждения в электрическом поле. Принцип работы электрофильтров.
16. Фильтрация. Общие сведения и определения.
17. Классификация фильтров. Схема работы фильтров: рукавный фильтр, барабанный и ленточные вакуум – фильтры.
18. Тепловые процессы. Общие сведения. Тепловая нагрузка, основное уравнение теплопередачи, средний температурный напор, коэффициент теплопередачи.
19. Рекуперативные теплообменные аппараты. Конструкции и принцип работы кожухотрубчатых теплообменников жесткой конструкции: одно-, двух-, четырехходовые.
20. Конструкции и принцип работы кожухотрубчатых теплообменников нежесткой конструкции; с компенсаторами температурных удлинений: с линзовым компенсатором, с плавающей головкой, с U – образными трубами.
21. Рекуперативные теплообменные аппараты. Аппарат с рубашкой, теплообменник типа «труба в трубе»; змеевиковые, спиральные, оросительные, пластинчатые, с ребристыми поверхностями теплообмена.
22. Нагревающие агенты. Способы нагревания. Охлаждающие агенты. Способы охлаждения.
23. Схема расчета теплообменных аппаратов.

24. Выпаривание. Основные понятия: первичный и вторичный пар, простое выпаривание, многократное выпаривание, температурная, гидростатическая, гидравлическая депрессия. Общая и полезная разность температур.
25. Материальный и тепловой баланс выпаривания.
26. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией раствора, пленочные выпарные аппараты.
27. Многокорпусные выпарные установки прямоточные и противоточные.
28. Массообменные процессы и их общая классификация. Общие сведения о процессах абсорбции, адсорбции, экстракции, ректификации, сушки.
29. Способы выражения состава фаз: мольные, массовые, относительные мольные, относительные массовые, объемные мольные, объемные массовые концентрации. Пересчет состава фаз.
30. Равновесие при массопереносе. Разность потенциалов. Химический потенциал. Условия равновесия. Закон равновесия Гиббса.
31. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии.
32. Диаграмма У-Х. Движущая сила, средняя движущая сила массообменных процессов.
33. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
34. Закон молекулярной диффузии. Первый закон Фика. Коэффициент диффузии. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика).
35. Закон массоотдачи Щукарева. Дифференциальное уравнение конвективного переноса массы. Закон массопроводности.
36. Абсорбция. Основные понятия. Сущность химической и физической абсорбции.

37. Материальный и тепловой баланс абсорбции. Степень поглощения. Минимальный и оптимальный расход абсорбента.
38. Равновесие в процессах абсорбции. Закон Генри, закон Рауля.
39. Аппаратурное оформление процессов абсорбции: трубчатый пленочный абсорбер, насадочный абсорбер, барботажный абсорбер.
40. Насадочные тела: хордовая насадка, кольцевая насадка, фасонная насадка и др.
41. Типы тарелок: ситчатые, колпачковые, клапанные.
42. Гидродинамика насадочных и тарельчатых колонн.
43. Методика расчета основных размеров насадочного и тарельчатого абсорберов.
44. Разделение жидких смесей путем однократного испарения: простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, перегонка с водяным паром, молекулярная дистилляция.
45. Ректификация. Схема процессов периодической и непрерывной ректификации для разделения бинарной и многокомпонентной смеси. Фазовое равновесие в системе жидкость – пар для бинарных смесей.
46. Материальный и тепловой балансы ректификации. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны.
47. Флегмовое число. Минимальное и рабочее флегмовое число.
48. Фазовые диаграммы для ректификации ($Y-X$, $t-X$, U диаграммы).
49. Методика построения рабочих линий на диаграмме $Y-X$.
50. Разделение 3-х компонентных смесей. Сущность азеотропной и экстрактивной ректификации. Схемы процессов.
51. Расчет насадочной и тарельчатой ректификационных колонн.
52. Аппаратурное оформление процессов ректификации.

53. Экстракция. Сущность процесса. Область применения. Основные понятия и определения.
54. Экстракционная аппаратура: распылительный экстрактор, насадочный экстрактор, тарельчатый экстрактор, роторно-дисковый экстрактор.
55. Адсорбция. Теория процесса и его применение в химической технологии. Промышленные адсорбенты.
56. Основные виды адсорберов. Адсорберы с неподвижными и с движущимися слоями адсорбента, с псевдооживленным адсорбентом.
57. Сушка. Область применения. Равновесие в процессах сушки. Статика и кинетика сушки.
58. Материальный и тепловой баланс сушки.
59. Основные параметры влажного воздуха: влагосодержание, энтальпия, относительная влажность и т.д. Виды связи влаги с материалом.
60. Диаграмма влажного воздуха, изображение на ней процессов сушки.
61. Основные виды сушильного оборудования: вальцовая сушилка, ленточная сушилка, распылительная сушилка, сушилка с неподвижным слоем высушиваемого зернистого материала.
62. Терморadiационные, высокочастотные, сублимационные сушилки.

Литература

1. Выполнение и оформление курсового проекта по процессам и аппаратам химической технологии : метод. указания / сост.: О.В. Маминов [и др.]. - 2-е изд., перераб. и дополн. – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 1981. - 56 с.
2. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : в 2-х кн. / Н.И. Гельперин – М. : Химия, 1981. - 812 с. : ил.
3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов : в 2-х кн. Часть I. / Ю.И. Дытнерский. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - 2-е изд. - М. : Химия, 1995. - 400 с. : ил.
4. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Массообменные процессы и аппараты : учебник для вузов : в 2-х кн. Часть II. / Ю.И. Дытнерский. - 2-е изд. - М. : Химия, 1995. – 368 с. : ил.
5. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 9-е изд. - М. : Химия, 1973. - 752 с. : ил.
6. Кожухотрубные теплообменные аппараты : метод. указания к курсовому проектированию / сост. М.Г. Гарипов, Х.Х. Гильманов, М.А.Закиров. – Казань. : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. - 36 с.
7. Конструкции и основные размеры кожухотрубчатых теплообменных аппаратов : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. М.Г. Гарипов, М.А. Закиров, Н.И.Савельев. - Казань, 1987 . - 23 с.
8. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник : в 2-х кн. / В.Г. Айнштейн [и др.] ; под ред. В.Г. Айнштейна. - М. : Логос, Высшая школа, 2002.
9. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов /А.Н.Плановский, П.И. Николаев. - 3-е изд. перераб. и доп. - М. : Химия, 1987. - 496 с.

10. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г.Романкова. - 10-е изд. перераб. и доп. - Л. : Химия, 1987. - 576 с. : ил.
11. Процессы и аппараты химической технологии : метод. указания к лабораторному практикуму. Часть 1 /сост. М.Г.Гарипов [и др.]. - Казань, 2005. - 56 с.
12. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / под ред. чл.-корр. АН СССР П.Г.Романкова. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л. : Химия, 1969. - 272 с. : ил.
13. Технологические процессы и аппараты отрасли : руководство к практическим занятиям / сост. Л.Г. Ямалиева, В.Н. Хищенко. - Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 1999 . – 23 с.
14. Ямалиева, Л.Г. Возникновение и развитие курса процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Л.Г Ямалиева, А.М. Ямалиев. - Казань : Изд-во «Чишмэ», 1998. - 47 с.
15. Ямалиева, Л.Г. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Л.Г. Ямалиева. - 2-е изд., перераб. и доп. - Казань, 2005. - 220 с. : ил.
16. Ямалиева, Л.Г. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие. / Л.Г Ямалиева. – Нижнекамск : Изд-во НМИ «Чишмэ», 2005. - 350 с.
17. Ямалиева ,Л.Г. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие / Л.Г Ямалиева, А.М. Ямалиев. – Нижнекамск : Изд-во НМИ «Чишмэ», 2009. – 278 с.

Учебное издание

Ямалиева Лира Галимовна
кандидат педагогических наук

Латыпов Дилшат Назимович
кандидат технических наук, доцент

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ПРОИЗВОДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И
КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ. редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 21.12.2010.
Подписано в печать 8.02.2011.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 2,8. Тираж 100.
Заказ №6.

НХТИ (филиал) ГОУ ВПО «КГТУ», г. Нижнекамск, 423570,
ул. 30 лет Победы, д. 5а.