

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.

« 25 » 05 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тепло- и массоперенос
(наименование в соответствии с РУП)

Направление подготовки (специальность)

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
(шифр и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль)

Аналитическая химия
(наименование профиля/специализации)

Квалификация выпускника

Химик. Преподаватель химии
(в соответствии с Приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября 2013 г. N 1061 "Об утверждении перечней специальностей и направлений подготовки высшего образования" (с изменениями и дополнениями))

Разработчик

(подпись)

(дата)

Болгова И. Н.

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

физической и аналитической химии

(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

(подпись)

(дата)

Кучменко Т. А.

(Ф.И.О.)

1. Цели и задачи дисциплины

1. Целью освоения дисциплины (модуля) является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сфере методов и методик получения и анализа продукции, в сфере контроля качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, в сфере паспортизации и сертификации продукции)

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере научно-технических, опытно-конструкторских разработок и внедрения химической продукции различного назначения, в сфере метрологии, сертификации и технического контроля качества продукции).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: *научно-исследовательский; технологический; организационно-управленческий.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-2	Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности	ИД1 _{ПКв-2} - Составляет план этапа исследований, выбирает методы и средства проведения испытаний для решения поставленных научных задач и проводит запланированные исследования.
			ИД2 _{ПКв-2} - Интерпретирует полученные результаты, представляет результаты своей научно- исследовательской работы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-2} - Составляет план этапа исследований, выбирает методы и средства проведения испытаний для решения поставленных научных задач и проводит запланированные исследования.	Знает: этапы исследований, методы и средства проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Умеет: проводить исследования тепло- и массопереноса в аппаратах для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Владеет: методами и средствами проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
ИД2 _{ПКв-2} - Интерпретирует полученные результаты, представляет результаты своей научно- исследовательской работы	Знает: методики обработки результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Умеет: интерпретировать результаты исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Владеет: навыками представления результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве

3. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин *Основы планирования и организации эксперимента.*

Дисциплина является предшествующей для изучения *Современные методы анализа, Химическая технология, Современная химия и химическая безопасность, Химия будущего, Методика преподавания химии, Основы педагогики,*

Производственная практика (научно-исследовательская работа), Производственная практика (опытно-конструкторская практика).

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		7 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	180	180
Контактная работа в т. ч. аудиторные занятия:	109,45	109,45
Лекции	45	45
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Практические/лабораторные занятия	30/30	30/30
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	30/30	30/30
Консультации текущие	2,25	2,25
Консультации перед экзаменом	2	2
Вид аттестации (экзамен)	0,2	0,2
Самостоятельная работа:	36,75	36,75
Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	13	13
Подготовка к лабораторным занятиям	12	12
Домашнее задание (подготовка к практическим занятиям)	11,75	11,75
Подготовка к экзамену (контроль)	33,8	33,8

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
1.	Введение	Предмет и задачи курса. Общие принципы анализа и расчета.	2
2.	Гидродинамические основы тепло- и массопереноса	Уравнение неразрывности (сплошности потока). Постоянство расхода. Дифференциальные уравнения движения. Основы теории подобия и анализа размерности. Принципы моделирования. Законы сопротивления при движении потока.	26
3.	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	Общие сведения. Виды переноса тепла, их характеристики. Тепловой баланс. Тепловая нагрузка. Температурное поле, температурный градиент. Перенос тепла теплопроводностью. Тепловое излучение. Перенос тепла конвекцией. Теплоотдача. Основы теории теплового подобия. Сложные процессы переноса тепла. Нестационарный теплообмен. Техническое оформление процессов теплопереноса в химическом промышленном производстве.	56,5
4.	Массоперенос в химическом промышленном производстве	Классификация процессов. Законы фазового равновесия. Материальный баланс. Рабочая линия. Направление массопереноса, его обратимость. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Механизм процессов массопереноса. Модели процессов	58

		массопереноса. Массоотдача. Подobie процессов переноса массы. Аналогия между переносом массы и тепла. Массопередача. Связь между массоотдачей и массопередачей. Массоперенос с участием твердой фазы. Механизм переноса массы в твердых телах, нестационарность процесса. Техническое оформление процессов массопередачи в химическом промышленном производстве.	
		Консультации текущие	2,25
		Консультации перед экзаменом	2
		<i>Вид аттестации (экзамен)</i>	0,2

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	ПЗ, час	СРО, час
1.	Введение	2			1
2.	Гидродинамические основы тепло- и массопереноса	8	8	8	11,75
3.	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	17	10	10	12
4.	Массоперенос в химическом промышленном производстве	18	12	12	12
	Консультации текущие		2,25		
	Консультации перед экзаменом		2		
	<i>Вид аттестации (экзамен)</i>		0,2		

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение	Предмет и задачи курса. Значение тепло- и массопереноса для решения химико-технологических задач в химическом промышленном производстве. Общие принципы анализа и расчета: материальный и энергетический балансы, скорость процессов, движущая сила.	2
2.	Гидродинамические основы тепло- и массопереноса	Уравнение неразрывности (сплошности потока). Постоянство расхода. Дифференциальные уравнения движения. Основы теории подобия и анализа размерности. Принципы моделирования. Законы сопротивления при движении потока.	8
3.	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	Общие сведения. Виды переноса тепла, их характеристики. Тепловой баланс. Тепловая нагрузка. Температурное поле, температурный градиент. Перенос тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоской и цилиндрической стенок. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел. Лучеиспускание газов. Перенос тепла конвекцией. Теплоотдача. Дифференциальное уравнение конвективного теплопереноса. Основы теории теплового подобия. Теплоотдача без изменения агрегатного состояния при вынужденном движении, при	17

		механическом перемешивании, при свободном движении. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Конденсация пара. Кипение жидкости. Теплоперенос при непосредственном соприкосновении фаз (жидкость – газ - твердое тело). Сложные процессы переноса тепла. Коэффициент теплопередачи. Средняя движущая сила. Нестационарный теплообмен. Техническое оформление процессов теплопереноса в химическом промышленном производстве.	
4.	Массоперенос в химическом промышленном производстве	Классификация процессов. Законы фазового равновесия. Материальный баланс. Рабочая линия. Направление массопереноса, его обратимость. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Механизм процессов массопереноса. Модели процессов массопереноса. Массоотдача. Подobie процессов переноса массы. Аналогия между переносом массы и тепла. Массопередача. Связь между массоотдачей и массопередачей. Движущая сила и число единиц переноса. Коэффициент извлечения. Влияние перемешивания на движущую силу. Массоперенос с участием твердой фазы. Механизм переноса массы в твердых телах, нестационарность процесса. Тепломассоперенос при конвективной сушке. Техническое оформление процессов массопередачи в химическом промышленном производстве.	18

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, час
1.	Введение		
2.	Гидродинамические основы тепло-массопереноса	и Определение расхода. Расчет средней скорости. Определение режимов движения. Расчет сопротивлений.	8
3.	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	в Тепловой баланс. Тепловая нагрузка. Определение средней движущей силы. Расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Определение площади поверхности теплообмена.	10
4.	Массоперенос в химическом промышленном производстве	в Расчет коэффициента диффузии в газе, в жидкости. Диффузионные критерии подобия. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Материальный баланс. Определение числа единиц переноса. Определение расхода поглотителя. Определение средней движущей силы.	12

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
1.	Введение		
2.	Гидродинамические основы	Изучение режимов движения жидких сред	4

	тепло- и массопереноса	Изучение гидродинамики колпачковой тарелки	4
3.	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	Исследование комбинированного процесса теплопереноса в теплообменнике типа «труба в трубе»	5
		Исследование процессов нагрева и рекуперации теплоты	5
4.	Массоперенос в химическом промышленном производстве	Исследование процесса массопереноса в аппарате с механическим перемешиванием	6
		Исследование процесса тепло-массопереноса в конвективной сушилке	6

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
1	Введение	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	1
2	Гидродинамические основы тепло- и массопереноса	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к лабораторным занятиям	4
		Домашнее задание (подготовка к практическим занятиям)	3,75
3	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к лабораторным занятиям	4
		Домашнее задание (подготовка к практическим занятиям)	4
4	Массоперенос в химическом промышленном производстве	Проработка материалов по лекциям, учебникам, учебным пособиям	4
		Подготовка к лабораторным занятиям	4
		Домашнее задание (подготовка к практическим занятиям)	4

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Основная литература

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] : учебник для студ. химико-технологических спец. вузов (гриф МО) / А. Г. Касаткин. - Стер. изд. - М. : Альянс, 2014. - 752 с.

2. Остриков, А.Н. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам: учебное пособие [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Н. Остриков, А.В. Логинов, Л.Н. Ананьева [и др.] – Электрон. дан. – Воронеж: ВГУИТ (Воронежский государственный университет инженерных технологий), 2012. – 281 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/5820>

3. Процессы и аппараты (основы механики жидкости и газа): практикум : учебное пособие / А.Н. Остриков, А.А. Смирных, И.С. Наумченко и др. ; Министерство образования и науки РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2018. - 233 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-00032-325-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=488017>

6.2 Дополнительная литература

1. Расчет и проектирование массообменных аппаратов: Учебное пособие/Под научной ред. Профессора А.Н. Острикова. – СПб.: Издательство «Лань» - 2015. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/56170>

2. Расчет и проектирование теплообменников : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; Под редакцией профессора А. Н. Острикова. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 372 с. — ISBN 978-

5-8114-7769-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/180777>

3. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Н. Остриков, М.И. Слюсарев, Е.Ю. Желтоухова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105992>.

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Материалы педагогической диагностики по дисциплине «Процессы и аппараты» [Текст] : учебное пособие / А. Н. Остриков, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко [и др.]; Воронеж. Гос. Ун-т инж. Технол. - Воронеж, 2019. - 340 с. - Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2062>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение:

Microsoft Windows XP; Microsoft Windows 7; КОМПАС 3DLT12; AdobeReaderXI; Альт Образование 8.2 + LibreOffice 6.2+Maxima; Microsoft Office Professional Plus 2007.

При освоении дисциплины используются информационные справочные системы: Сетевая локальная БД Справочная Правовая Система КонсультантПлюс, ООО «Консультант-Эксперт»; - БД «ПОЛПРЕД Справочники», ООО «ПОЛПРЕД Справочники».

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебных занятий используются учебные аудитории:

Ауд. 111. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Лабораторные установки: абсорбция углекислого газа водой, гидродинамика зернистого слоя, осаждение, витание и унос твердой частицы в жидкой среде, осаждение твердых частиц в жидкой среде, кинетика конвективной сушки, гидродинамика колпачковой тарелки, определение констант процесса фильтрования, барабанный вакуум-фильтр, простая перегонка, теплообменник типа «труба в трубе», стенд колонных аппаратов, лабораторные стенды "Изучение процесса
--	---

	фильтрация", "Изучение процесса абсорбции"
Ауд. 115. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Лабораторные установки: изучение режимов движения жидкости, относительный покой жидкости во вращающемся вокруг цилиндрической оси цилиндрическом сосуде, испытание вакуум-насоса, испытание центробежного вентилятора, испытание центробежно-вихревого насоса, нормальные испытание центробежного насоса, стенд Бернулли, учебно-наглядные пособия по тематическим разделам. Учебно-лабораторные комплексы: исследование гидродинамики жидкости, исследование параметров работы насосов
Ауд. 117. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Макет вакуум-выпарной установки с выносной греющей камерой, макет массообменного аппарата, стенды: трехкорпусная вакуум-выпарная установка, ректификационная установка непрерывного действия, основные виды фильтровальных материалов, используемые виды насадок в массообменных аппаратах, различные виды контактных устройств массообменных аппаратов
Ауд. 211. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Измеритель температуры 2ТРМО ЩТ У, весы ВСП-0,2/0,1-1, пароварка, экспериментальная установка для исследования радиационно - конвективной сушки плодоовощного сырья, проектор NECNP 100, экран, ноутбук

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться:

Ауд. 113. Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Учебно-наглядные пособия по курсовому проектированию, компьютеры - 5 шт.
--	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля) в виде приложения.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Основы химической технологии:
Тепло- и массоперенос**

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-2	Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности	ИД1 _{ПКв-2} - Составляет план этапа исследований, выбирает методы и средства проведения испытаний для решения поставленных научных задач и проводит запланированные исследования.
			ИД2 _{ПКв-2} - Интерпретирует полученные результаты, представляет результаты своей научно- исследовательской работы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-2} - Составляет план этапа исследований, выбирает методы и средства проведения испытаний для решения поставленных научных задач и проводит запланированные исследования.	Знает: этапы исследований, методы и средства проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Умеет: проводить исследования тепло- и массопереноса в аппаратах для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Владеет: методами и средствами проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
ИД2 _{ПКв-2} - Интерпретирует полученные результаты, представляет результаты своей научно- исследовательской работы	Знает: методики обработки результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Умеет: интерпретировать результаты исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве
	Владеет: навыками представления результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение	ПКв-2	<i>Собеседование (вопросы к экзамену)</i>	63-67	Контроль преподавателем
			<i>Банк тестовых заданий</i>	1-3	Бланочное или компьютерное тестирование
2	Гидродинамические основы тепло- и массопереноса	ПКв-2	<i>Банк тестовых заданий</i>	4-5,31-35	Бланочное или компьютерное тестирование
			<i>Собеседование (вопросы к экзамену)</i>	68-70	Контроль преподавателем
			<i>Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)</i>	51-54	Защита лабораторных работ
3	Теплоперенос в химическом промышленном производстве	ПКв-2	<i>Банк тестовых заданий</i>	6-12,22-24,36-39	Бланочное или компьютерное тестирование
			<i>Собеседование (вопросы к экзамену)</i>	71-76	Контроль преподавателем
			<i>Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)</i>	55-58	Защита лабораторных работ
			<i>Ситуационное задание</i>	88-89	Проверка преподавателем
			<i>Задачи</i>	92-94	Проверка преподавателем
			<i>Домашнее задание</i>	98	Проверка преподавателем
4	Массоперенос в химическом промышленном	ПКв-2	<i>Банк тестовых заданий</i>	13-21,25-30,40-50	Бланочное или компьютерное тестирование
			<i>Собеседование (вопросы к экзамену)</i>	77-87	Контроль преподавателем
			<i>Лабораторные работы</i>	59-62	Защита лабораторных работ

производство	(собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)		работ
	Ситуационное задание	90-91	Проверка преподавателем
	Задачи	95-97	Проверка преподавателем
	Домашнее задание	99	Проверка преподавателем

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования, и предусматривает возможность последующего собеседования (экзамена).

Каждый вариант теста включает 20 контрольных заданий, из них:

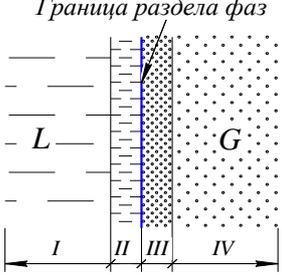
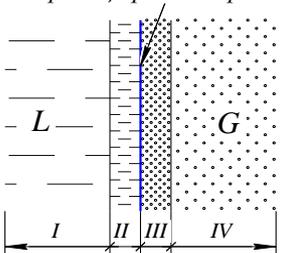
- 9 контрольных заданий на проверку знаний;
- 9 контрольных заданий на проверку умений;
- 2 контрольных задания на проверку навыков.

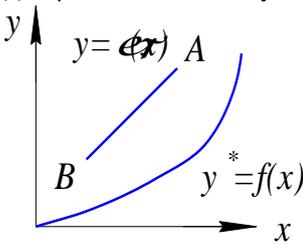
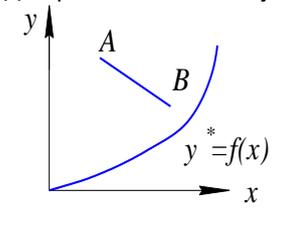
3.1 Тесты (тестовые задания)

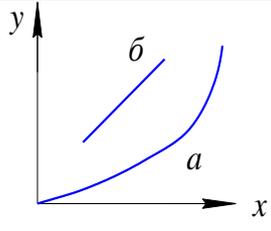
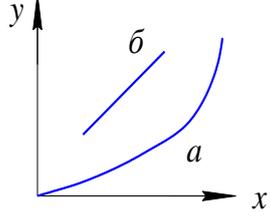
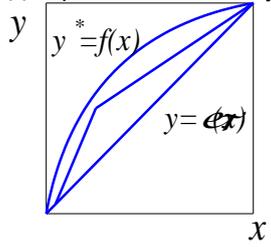
3.1.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности.

№ задания	Тестовое задание
А (на выбор одного правильного ответа)	
1	Дифференциальное уравнение движения 1) уравнение Навье-Стокса 2) уравнение Фурье-Кирхгофа 3) второй закон Фика
2	Дифференциальное уравнение переноса теплоты 1) уравнение Навье-Стокса 2) уравнение Фурье-Кирхгофа 3) второй закон Фика
3	Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса 1) уравнение Навье-Стокса 2) уравнение Фурье-Кирхгофа 3) второй закон Фика
4	Сущность гипотезы сплошности заключается в том, что жидкость рассматривается как 1) среда, имеющая разрывы и пустоты 2) сложная среда с растворенными газами, веществами, имеющая разрывы и пустоты 3) неподвижное твердое или жидкое тело, при определенной температуре и давлении 4) континуум, непрерывная сплошная среда
5	Найти критическую скорость в прямой круглой трубе $d = 0,020$ м для воздуха, если его динамический коэффициент вязкости и плотность соответственно равны $\mu = 2 \cdot 10^{-5}$ Па·с, $\rho = 1,2$ кг/м ³ . 1) 8,3 м/с 2) 1,9 м/с 3) 3,3 м/с 4) 2,3 м/с
6	Передача теплоты от стенки к жидкости (газу) или в обратном направлении называется процессом а) теплоотдачи; б) теплопередачи; в) теплопроводности
7	Тепловой баланс аппарата при обогреве насыщенным паром без охлаждения конденсата: а) $Dr = G_2 c_2 (t_{2к} - t_{2н})$; $Dc(t_n - t_{нас}) + Dr +$ б) $+ Dc(t_{нас} - t_{конд}) = G_2 c_2 (t_{2к} - t_{2н})$; в) $G_1 c_1 (t_{1н} - t_{1к}) = G_2 c_2 (t_{2к} - t_{2н})$; г) $Dr + Dc(t_{нас} - t_{конд}) = G_2 c_2 (t_{2к} - t_{2н})$.
8	Подобие физических свойств теплоносителя в процессах конвективного теплообмена характеризует а) критерий Рейнольдса

	б) критерий Прандтля в) критерий Грасгофа г) критерий Нуссельта
9	Многоходовые теплообменники по трубному пространству применяют а) для увеличения скорости жидкости; б) для уменьшения образования отложений осадка; в) для увеличения скорости пара в теплообменнике
10	При конденсации пара наличие в нем воздуха а) не влияет на коэффициент теплоотдачи; б) увеличивает коэффициент теплоотдачи; в) уменьшает коэффициент теплоотдачи
11	В кожухотрубчатом теплообменнике поток, имеющий загрязнения, необходимо направлять а) в межтрубное пространство; б) безразлично куда направлять поток; в) верный ответ не указан
12	Коэффициент теплоотдачи по одну сторону стенки $\alpha_1 = 100 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, по другую $\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Какой из коэффициентов теплоотдачи следует изменять для интенсификации процесса теплопередачи? а) Изменение коэффициентов не влияет на интенсификацию теплопередачи; б) Необходимо уменьшить α_2 ; в) Необходимо увеличить α_2 ; г) Необходимо увеличить α_1.
13	Укажите правильную запись числа единиц переноса массы при абсорбции а) $K_y F \Delta Y_{cp}$; б) $\frac{\Delta y_{\bar{b}} - \Delta y_M}{2,3 \lg \frac{\Delta y_{\bar{b}}}{\Delta y_M}}$; в) $\frac{y_H - y_K}{\Delta y_{cp}}$; г) $G(y_H - y_K)$.
14	Уравнения массоотдачи при абсорбции для всего аппарата а) $M = \beta_y F(y - y_{cp})$; б) $M = K_y F \Delta y_{cp}$; в) $M = K_y F(y - y^*)$; г) $M = K_y F(x^* - x)$.
15	Что является движущей силой процесса абсорбции? а) Разность между равновесными концентрациями распределяемого вещества в контактирующих фазах. б) Разность между концентрациями в ядре потока и на границе раздела фаз. в) Разность между рабочей и равновесной концентрациями в одной из контактирующих фаз. г) Разность между рабочими концентрациями распределяемого вещества в контактирующих фазах
16	Как меняется растворимость газа в жидкости, если повысить давление и снизить температуру? а) Увеличится. б) Уменьшится. в) Не изменится
17	Исходная смесь при ректификации подается в а) нижнюю часть колонны; б) среднюю часть колонны; в) верхнюю часть колонны
18	Состав пара, удаляющегося из ректификационной колонны в дефлегматор, равен составу а) кубового остатка; б) исходной смеси; в) дистиллята.
19	Процессы разделения жидких смесей при помощи растворителя, избирательно растворяющего только извлекаемые компоненты, называют 1) экстракцией 2) ректификацией 3) адсорбцией
20	Адсорбент – это ... а) высокодисперсные природные или искусственные материалы с большой удельной поверхностью, на которой происходит адсорбция веществ из соприкасающихся с ней газов или жидкостей; б) аппарат для поглощения поверхностным слоем твердого тела растворенных или газообразных веществ, не сопровождающихся химической реакцией; в) химическое соединение или смесь веществ, находящихся в адсорбированном состоянии на поверхности или в объеме пор.

21	<p>Адсорбат – это ...</p> <p>а) высокодисперсные природные или искусственные материалы с большой удельной поверхностью, на которой происходит адсорбция веществ из соприкасающихся с ней газов или жидкостей;</p> <p>б) аппарат для поглощения поверхностным слоем твердого тела растворенных или газообразных веществ, не сопровождающихся химической реакцией;</p> <p>в) химическое соединение или смесь веществ, находящихся в адсорбированном состоянии на поверхности или в объеме пор.</p>
Б (на выбор нескольких правильных)	
22	<p>В критериальные уравнения, описывающие теплоотдачу при турбулентном движении жидкости в трубе ($Re > 10^4$) входят:</p> <p>а) Nu – критерий Нуссельта;</p> <p>б) Pr – критерий Прандтля;</p> <p>в) Re – критерий Рейнольдса;</p> <p>г) Ku – критерий Кутателадзе;</p>
23	<p>Основные режимы кипения:</p> <p>а) пленочное;</p> <p>б) пузырьковое;</p> <p>в) струйное;</p> <p>г) объемное</p>
24	<p>Коэффициент теплопередачи в кожухотрубном теплообменнике можно увеличить:</p> <p>а) увеличением скорости движения жидкости;</p> <p>б) уменьшением толщины стенки;</p> <p>в) удалением накипи со стенок;</p> <p>г) уменьшением коэффициента теплопроводности стенки</p>
25	<p>Какие процессы относятся к массообменным</p> <p>1) отстаивание</p> <p>2) фильтрование</p> <p>3) экстрагирование</p> <p>4) адсорбция</p>
26	<p>Какие из перечисленных факторов способствуют интенсификации процесса абсорбции:</p> <p>а) увеличение температуры;</p> <p>б) уменьшение температуры;</p> <p>в) увеличение давления;</p> <p>г) уменьшение давления.</p>
27	<p>На рисунке изображена схема массообмена между фазами G и L, включая 4 заштрихованные зоны: пограничные слои и ядра потоков фаз. В каких зонах преимущественную роль играет конвективный перенос массы?</p> <p><i>Граница раздела фаз</i></p>  <p>а) 1;</p> <p>б) 2;</p> <p>в) 3;</p> <p>г) 4.</p>
28	<p>На рисунке изображена схема массообмена между фазами G и L, включая 4 заштрихованные зоны: пограничные слои и ядра потоков фаз. В каких зонах преимущественную роль играет молекулярная диффузия?</p> <p><i>Граница раздела фаз</i></p>  <p>а) 1;</p> <p>б) 2;</p> <p>в) 3;</p> <p>г) 4.</p>

29	Колонные тарельчатые аппараты могут работать в гидродинамических режимах: а) пузырьковом ; б) пленочном; в) подвисяния; г) пенном ; д) струйном ; е) эмульгирования
30	Насадочные колонны могут работать в гидродинамических режимах: а) пузырьковом; б) пленочном ; в) подвисяния ; г) пенном; д) струйном; е) эмульгирования
Д (открытого типа)	
31	Общее свойство для всех жидкостей, означающее способность течь под влиянием самых малых сдвигающих усилий – это _____ (текучесть)
32	Свойство жидкостей оказывать сопротивление относительному сдвигу слоев – это _____ (вязкость)
33	При движении реальной жидкости «потерянная» механическая энергия переходит в _____ энергию. (тепловую)
34	При движении реальной жидкости в цилиндрической трубе потери энергии образуются за счет _____ энергии (потенциальной)
35	В двух трубах протекает одинаковая жидкость с равным расходом. Диаметр трубы I – 50 мм, диаметр трубы II – 100 мм. Укажите соотношение Re_1/Re_2 (где индексы – номера труб) $Re_1/Re_2 =$ _____ (2)
36	Движущей силой процесса теплопередачи является разность _____ (температур)
37	Различают три вида переноса теплоты: теплопроводность, тепловое излучение и _____ (вписать одно слово) (конвекция)
38	Уравнение $Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$ – это уравнение _____ (теплопередачи)
39	Уравнение $Q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t F$ - это уравнение _____ (теплопроводности) плоской стенки при установившемся процессе теплопереноса.
40	Число единиц переноса при абсорбции, если $y_n = 0,02$; $y_k = 0,01$; $\Delta u_{cp} = 0,01$, равно _____ (записать цифрой) (1)
41	Целевой компонент всегда переходит в фазу, в которой содержание его _____ равновесной (ниже)
42	Перенос вещества внутри фазы из ядра к поверхности раздела фаз или в обратном направлении – это процесс _____ (массоотдачи)
43	Смеси с взаимно растворимыми компонентами в любых соотношениях, подчиняющиеся закону Рауля называются _____ (идеальными)
44	Летучесть любого компонента идеального раствора равна летучести чистого компонента, умноженной на его мольную долю – это закон _____ (указать фамилию автора)
45	Диаграмма соответствует процессу абсорбции при ... движении фаз (противоточном) 
46	Диаграмма соответствует процессу абсорбции при..... движении фаз (прямоточном) 
47	На диаграмме, соответствующей процессу абсорбции, линия a – это _____ линия (равновесная)

	
48	На диаграмме, соответствующей процессу абсорбции, линия б – это _____ линия (рабочая) 
49	Диаграмма соответствует процессу _____ (ректификации) 
50	Уравнение $\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \cdot \nabla^2 c$ - это дифференциальное уравнение _____ диффузии (молекулярной)

3.2 Собеседование (вопросы к защите лабораторных работ)

3.2.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности

Номер вопроса	Текст вопроса
51	Привести план исследования режимов движения жидкости 1. Регулируя расход воды краном подачи, установить заданный режим движения по движению струйки красителя. 2. Объемным методом определить расход воды. 3. Повторить измерения несколько раз, устанавливая различные режимы движения.
52	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию режимов движения жидкости? 1. Расход жидкости Q . 2. Среднюю скорость движения V воды. 3. Число Рейнольдса Re .
53	Привести план исследования гидродинамики колпачковой тарелки На сухой тарелке 1. Определить расход воздуха в колонне по показаниям первого дифференциального манометра 2. Определить сопротивление тарелки по показаниям второго дифференциального манометра. Замеры выполнить несколько раз. На орошаемой тарелке 1. Заполнить тарелку водой, открыв кран подачи воды. 2. Определить расход воды по расходомеру. 3. Устанавливая такие же расходы воздуха, что и при исследовании сухой тарелки, определить сопротивление орошаемой тарелки по второму дифференциальному манометру.
54	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию гидродинамики колпачковой тарелки? 1. Расход воздуха в колонне 2. Фиктивную скорость воздуха 3. Действительную скорость воздуха в прорезях колпачков 4. Средний коэффициент сопротивления тарелки 5. Гидравлическое сопротивление сухой тарелки 6. Сопротивление газожидкостного слоя 7. Сопротивление для преодоления сил поверхностного натяжения
55	Привести план исследования комбинированного процесса теплопереноса в теплообменнике типа «труба в трубе» 1. Подать воду в теплообменник 2. Установить схему движения теплоносителей 3. Включить водонагреватель 4. Снять показания расходомеров горячей и холодной воды 5. Снять показания термометров
56	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию комбинированного процесса

	теплопереноса в теплообменнике типа «труба в трубе»?
	1. Расходы теплоносителей 2. Температурный режим теплообменника 3. Скорости движения теплоносителей 4. Режимы движения теплоносителей (Re) 5. Критерий Нуссельта Nu для каждого теплоносителя 6. Коэффициенты теплоотдачи теплоносителей 7. Коэффициент теплопередачи
57	Привести план исследования процессов нагрева и рекуперации теплоты
	1. Подать пар и воду в секции теплообменника 2. Определить давление пара, по давлению пара определить его температуру 3. Определить температуру воды по показаниям термометров.
58	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию процессов нагрева и рекуперации теплоты?
	1. Поверхность теплообмена секции 2. Скорость воды в секции 3. Среднюю температуру воды в секции 4. Среднюю разность температур в секции 5. Тепловую нагрузку секции 6. Коэффициент теплопередачи в секции
59	Привести план исследования процесса массопереноса в аппарате с механическим перемешиванием
	1. Залить аппарат водой 2. Создать избыточное давление углекислого газа в аппарате 3. Одновременно включить мешалку и секундомер 4. Измерять время поглощения углекислого газа (по 20 мл), при каждом замере увеличивая частоту вращения мешалки. 5. Снять 4-5 замеров
60	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию процесса массопереноса в аппарате с механическим перемешиванием?
	1. Количество поглощаемого углекислого газа M 2. Равновесную концентрацию углекислого газа при условиях опыта x^* 3. Рабочую концентрацию углекислого газа в воде x 4. Коэффициент массоотдачи для каждого опыта β_x 5. Число Рейнольдса Re 6. Число Нуссельта Nu
61	Привести план исследования процесса тепломассопереноса в конвективной сушилке
	1. Включить вентилятор и калорифер. 2. Поместить образец влажного материала в сушильную камеру 3. Фиксировать показания весов через каждые 2-3 мин.
62	Какие величины определяют при обработке результатов эксперимента по исследованию процесса тепломассопереноса в конвективной сушилке?
	1. Массу абсолютно сухого материала 2. Массу влаги в материале 3. Абсолютную влажность материала 4. Константу скорости сушки 5. Продолжительность сушки

3.3 Собеседование (вопросы к экзамену)

3.3.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности

Номер вопроса	Текст вопроса
63	Предмет и задачи курса.
	Изучение технологических процессов тепло- и массопереноса составляет предмет и задачи изучения курса. Изучение основано на практическом применении законов естественных наук для наиболее эффективного проведения разнообразных технологических процессов.
64	Значение тепло- и массопереноса для решения химико-технологических задач в химическом промышленном производстве.
	Знание тепло- и массопереноса позволяет решать следующие задачи: 1. При эксплуатации действующих производств выбирать оптимальные технологические режимы 2. При проектировании новых производств разрабатывать высокоэффективные и малоотходные технологические схемы 3. При проведении научно-исследовательских работ изучать основные факторы, определяющие течение процессов, получать обобщенные зависимости для расчета и быстро внедрять результаты лабораторных исследований в производство.
65	Приведите выражение для материального баланса и сформулируйте закон сохранения массы
	Материальный баланс $\sum G_{\text{нач}} = \sum G_{\text{кон}} + \sum G_{\text{пот}}$ Масса (количество) поступающих на переработку веществ ($\sum G_{\text{нач}}$) должна быть равна массе веществ, получаемых в результате проведения процесса ($\sum G_{\text{кон}}$) с учетом потерь вещества ($\sum G_{\text{пот}}$)
66	Приведите выражение для теплового баланса
	Тепловой баланс $\sum Q_{\text{нач}} + \sum Q_{\text{р}} = \sum Q_{\text{кон}} + \sum Q_{\text{пот}}$ Тепло, вносимое в аппарат с исходными материалами ($\sum Q_{\text{нач}}$) в сумме с тепловым эффектом физических и

	химических превращений (ΣQ_p) должно быть равно теплу, выводимому из аппарата продуктами ($\Sigma Q_{\text{кон}}$) с учетом потерь тепла в окружающую среду ($\Sigma Q_{\text{пот}}$)
67	Скорость и движущая сила процессов Отклонение системы от состояния равновесия выражает движущую силу процесса. Уравнение скорости процесса имеет вид: $\frac{N}{F\tau} = K \cdot \Delta,$ где N – количество вещества или тепла, передаваемое через поверхность F за время τ , K – коэффициент пропорциональности, Δ – движущая сила процесса.
68	Уравнение неразрывности (сплошности потока). Постоянство расхода. Массовый расход жидкости $G = v_1 \rho_1 S_1 = v_2 \rho_2 S_2 = const$ Объемный расход жидкости $V = v_1 S_1 = v_2 S_2 = const,$ где G – массовый расход жидкости, V – объемный расход жидкости, ρ – плотность среды, S – площадь сечения потока.
69	Дифференциальные уравнения движения. Уравнения движения Эйлера $\begin{cases} \frac{dU_x}{d\tau} = X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{dU_y}{d\tau} = Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{dU_z}{d\tau} = Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \end{cases}$ где U_x, U_y, U_z – проекции скорости по осям координат, X, Y, Z – проекции ускорений массовых сил по осям координат, P – давление в жидкости.
70	Законы сопротивления при движении потока. Сопротивление Δp в Па определяется по формуле Дарси $\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2},$ где λ – суммарный коэффициент сопротивления, l – высота аппарата, d – диаметр аппарата, ρ – плотность среды, v – скорость движения среды в аппарате.
71	Виды переноса тепла. Существует три простых вида переноса тепла: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение. Теплопроводность – это перенос тепла при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела (молекул, атомов, электронов). Энергия при этом передается в результате колебательного движения частиц. Конвекция – это перенос тепла вследствие движения и перемешивания макроскопических объемов жидкости или газа. Тепловое излучение – это процесс переноса тепла вследствие электромагнитных колебаний.
72	Тепловая нагрузка. Тепловая нагрузка аппарата определяется Для жидкостей и газов (без изменения агрегатного состояния) $Q = cG(t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}}),$ Для насыщенных паров $Q = Dr,$ Где c – теплоемкость среды, G – массовый расход среды, t – температура среды, D – массовый расход пара, r – удельная теплота конденсации пара.
73	Температурное поле, температурный градиент. Под температурным полем понимают совокупность мгновенных значений температур во всех точках рассматриваемой среды. Геометрическое место всех точек с одинаковой температурой называется изотермической поверхностью. Предел отношения разности температур Δt между двумя соседними изотермическими поверхностями к расстоянию по нормали Δl между ними – это температурный градиент. $\text{grad } t = \lim_{\Delta l \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta t}{\Delta l} \right) = \frac{\partial t}{\partial l}$
74	Тепловое излучение: закон Стефана-Больцмана. Закон Стефана-Больцмана: полное количество энергии E_0 , излучаемое абсолютно черным телом, прямо пропорционально четвертой степени температуры этого тела T.

	$E_0 = K_0 \cdot T^4$, где $K_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² ·К ⁴) – константа излучения абсолютно черного тела или постоянная Стефана-Больцмана.
75	Перечислите основные критерии теплового подобия и приведите их формулы.
	Критерий Нуссельта $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$, Критерий Прандтля $Pr = \frac{c\mu}{\lambda}$, критерий Фурье $Fo = \frac{a\tau}{l^2}$, критерий Пекле $Pe = \frac{vl}{a}$, Где l – характерный геометрический размер, λ – коэффициент теплопроводности, c – коэффициент теплоемкости, μ – коэффициент динамической вязкости, a – коэффициент температуропроводности, α – коэффициент теплоотдачи, τ – время.
76	Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.
	$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp}$ Где K – коэффициент теплопередачи, F – площадь теплопередачи, Δt_{cp} – средняя разница температур. $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ст} + \frac{1}{\alpha_2}}$ Где α_1, α_2 – коэффициенты теплоотдачи теплоносителей, $\sum r_{ст}$ – суммарное термическое сопротивление стенки.
77	Перечислите основные процессы, относящиеся к массообменным.
	Абсорбция, перегонка, ректификация, экстракция, адсорбция, кристаллизация, растворение, экстрагирование.
78	Материальный баланс массообменных процессов.
	Материальный баланс по всему веществу $G_{нач} + L_{нач} = G_{кон} + L_{кон}$, Где $G_{нач}, G_{кон}$ – начальное и конечное количество фазы Фу, $L_{нач}, L_{кон}$ – начальное и конечное количество фазы Фх Материальный баланс по целевому компоненту $G_{нач} y_{нач} + L_{нач} x_{нач} = G_{кон} y_{кон} + L_{кон} x_{кон}$, Где $y_{нач}, y_{кон}$ – начальная и конечная концентрации целевого компонента в фазе Фу, $x_{нач}, x_{кон}$ – начальная и конечная концентрации целевого компонента в фазе Фх
79	Уравнение рабочей линии.
	$y = \frac{L}{G} x + (y_{кон} - \frac{L}{G} x_{нач})$ Где L, G – количество фаз Фх и Фу, x – текущая концентрация целевого компонента в фазе Фх $y_{кон}$ – конечная концентрация целевого компонента в фазе Фу, $x_{нач}$ – начальная концентрация целевого компонента в фазе Фх
80	1 закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии.
	$M = -D \cdot F \cdot \tau \frac{\partial c}{\partial n}$ Где D – коэффициент молекулярной диффузии, F – поверхность, нормальная к направлению диффузии, $\frac{\partial c}{\partial n}$ – градиент концентрации вещества на единицу длины пути n диффундирующего вещества, знак «минус» связан с уменьшением градиента концентрации $\frac{\partial c}{\partial n}$ по длине пути диффузии. Коэффициент молекулярной диффузии D показывает, какое количество вещества диффундирует в единицу времени через единицу поверхности при градиенте концентрации, равном единице.

81	Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи. $M = \beta_x (x_{cp} - x) \cdot F = \beta_y (y - y_{cp}) \cdot F,$ <p>Где F – поверхность раздела фаз, β_x, β_y – коэффициенты массоотдачи в соответствующей фазе, x_{cp}, y_{cp} – концентрация целевого компонента на границе соответствующей фазы. Коэффициент массоотдачи показывает, какое количество вещества переходит от единицы поверхности раздела фаз в ядро потока (или в обратном направлении) в единицу времени при движущей силе, равной единице.</p>
82	Перечислите модели массопереноса 1. Пленочная модель 2. Модель пограничного диффузионного слоя 3. Модель обновления поверхности фазового контакта
83	Приведите физический смысл следующих критериев диффузионного подобия: критерий Нуссельта Nu' , критерий Фурье Fo' , критерий Пекле Pe' . Диффузионный критерий Нуссельта характеризует отношение скорости переноса вещества (конвективного и молекулярного - β) к молекулярному переносу (D)/ Диффузионный критерий Фурье характеризует подобие неустановившихся процессов массообмена. Диффузионный критерий Пекле характеризует отношение переноса вещества конвекцией (v) к молекулярному переносу (D).
84	Массопередача. Уравнение, коэффициент. Уравнение массопередачи $M = K_x F \Delta x_{cp} = K_y F \Delta y_{cp},$ <p>Где K_x, K_y – коэффициенты массопередачи в соответствующих фазах, F – площадь поверхности массопередачи, $\Delta x_{cp}, \Delta y_{cp}$ - средняя движущая сила в фазах. Коэффициент массопередачи показывает, какое количество вещества переходит через единицу поверхности раздела фаз в единицу времени при движущей силе, равной единице.</p>
85	Связь между коэффициентами массоотдачи и массопередачи. $K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$ $K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m\beta_y}},$ <p>Где m – константа фазового равновесия, β_y, β_x - коэффициенты массоотдачи.</p>
86	Движущая сила массообмена. Разность между рабочими и равновесными концентрациями – это движущая сила массообменных процессов. По фазам – это $\Delta y = y - y^* \text{ или } \Delta y = y^* - y$ $\Delta x = x - x^* \text{ или } \Delta x = x^* - x.$ <p>Средняя движущая сила $\Delta y_{cp} = \frac{\Delta y_{\bar{o}} - \Delta y_{\bar{m}}}{\ln \left(\frac{\Delta y_{\bar{o}}}{\Delta y_{\bar{m}}} \right)}$ $\Delta x_{cp} = \frac{\Delta x_{\bar{o}} - \Delta x_{\bar{m}}}{\ln \left(\frac{\Delta x_{\bar{o}}}{\Delta x_{\bar{m}}} \right)},$ <p>Где $\Delta y_{\bar{o}}, \Delta x_{\bar{o}}$ - бо'льшая, а $\Delta y_{\bar{m}}, \Delta x_{\bar{m}}$ - меньшая разности концентраций на концах массообменного аппарата.</p> </p>
87	Число единиц переноса Общее число единиц переноса – это изменение рабочей концентрации распределяемого между фазами вещества, приходящееся на единицу движущей силы.

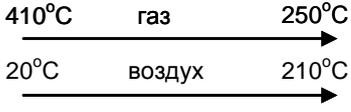
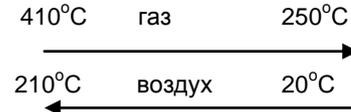
$$n_{0y} = \frac{y_n - y_k}{\Delta y_{cp}}$$

$$n_{0x} = \frac{x_n - x_k}{\Delta x_{cp}}$$

3.4 Ситуационные задания

3.4.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности

Задание: Дать развернутые ответы на следующие ситуационные задания

Номер вопроса	Текст задания
88	<p>Ситуация. В цехе работает (по прямоточной схеме) воздухоподогреватель, в котором нагревается воздух от температуры $t_1' = 20^\circ\text{C}$ до $t_2' = 210^\circ\text{C}$ горячими газами, которые охлаждаются от температуры $t_1 = 410^\circ\text{C}$ до температуры $t_2 = 250^\circ\text{C}$.</p> <p>Задание. Определить средний температурный напор между воздухом и газом и предложить мероприятия по его увеличению.</p>
	<p>Ответ: Средний температурный напор между газом и воздухом при прямотоке</p> <div style="text-align: center;">  </div> $\Delta t_{\bar{o}} = 410 - 20 = 390^\circ\text{C}$ $\Delta t_{\bar{m}} = 250 - 210 = 40^\circ\text{C}$ $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{390}{40} = 9,75 > 2$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}} = \frac{390 - 40}{\ln 9,75} = 153,7^\circ\text{C}$ <p>Средний температурный напор между газом и воздухом при противотоке</p> <div style="text-align: center;">  </div> $\Delta t_{\bar{o}} = 250 - 20 = 230^\circ\text{C}$ $\Delta t_{\bar{m}} = 410 - 210 = 200^\circ\text{C}$ $\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{230}{200} = 1,15 < 2$ $\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_{\bar{m}}}{2} = \frac{230 + 200}{2} = 215^\circ\text{C}$ <p>Т.к. Δt_{cp} при противотоке больше, чем при прямотоке, следовательно противоточная схема движения теплоносителей более эффективна. Необходимо изменить направление движения одного из теплоносителей.</p>
89	<p>Ситуация. Для подогрева воды перед поступлением в отстойник используется вертикальный кожухотрубчатый теплообменник. За 5 мин вода должна нагреваться от 35 до 85 °С. Сейчас за пять минут вода нагревается от 35 до 60 °С.</p> <p>Задание: Установить причину данного происшествия и предложить ряд мероприятий по предотвращению подобных ситуаций.</p>
	<p>Ответ: Вода не нагревается до заданной температуры в кожухотрубчатом теплообменнике по следующим причинам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхность теплообмена загрязнена. Необходимо очистить поверхность от загрязнений и снизить термическое сопротивление стенки. 2. Низкая скорость движения воды в трубках. Следует увеличить расход воды или установить перегородки в крышке или днище теплообменника. 3. Низкое давление и температура пара в межтрубном пространстве теплообменника. Для увеличения коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве повысить давление пара и удалить неконденсирующиеся газы (воздух).
90	<p>Ситуация. Вы работаете на предприятии по производству азотной кислоты оператором абсорбционной колонны. Перед</p>

	Вами поставлена задача интенсифицировать процесс. Задание. Предложите мероприятия по интенсификации процесса абсорбции аммиака водой.
	Ответ: Для интенсификации процесса абсорбции аммиака водой возможно провести следующие мероприятия: 1. Снизить температуру воды. 2. Повысить парциальное давление аммиака в газовой смеси. 3. обеспечить наиболее эффективный гидродинамический режим работы абсорбера для создания развитой поверхности контакта фаз между водой и аммиаком (зависит от скорости газа в аппарате).
91	Ситуация. Выработаете главным инженером на заводе по производству минеральных удобрений. Вам поручили приобрести новую сушильную установку для сыпучих материалов. Задание: Подобрать возможные конструкции сушилок, пояснить их достоинства и недостатки.
	Ответ: Для высушивания сыпучих материалов возможно использование барабанных сушилок и сушилок с кипящим (псевдооживленным) слоем. Достоинства указанных сушилок: 1. Интенсивная и равномерная сушка вследствие развитой поверхности контакта материала и сушильного агента (воздуха). 2. Большое напряжение по влаге. 3. Компактность установки. 4. В сушилках с кипящим слоем возможна сушка при высоких температурах вследствие кратковременности контакта. 5. Высокая степень использования тепла сушильного агента. Недостатки таких сушилок: 1. Истирание и значительный унос мелких частиц. 2. Высокое гидравлическое сопротивление в сушилках с кипящим слоем. 3. Сушилки с кипящим слоем непригодны для сушки материала с большим размером частиц.

3.5 Задачи

3.5.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности

Номер вопроса	Текст вопроса
92	Определить тепловую нагрузку теплообменника типа «труба в трубе», если горячая вода объемным расходом $V = 5,8 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$ охлаждается от $t_n = 65^\circ\text{C}$ до $t_k = 25^\circ\text{C}$. Теплоемкость воды $C = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$, плотность воды $\rho = 990 \text{ кг}/\text{м}^3$. Ответ выразить в кВт, округлив значение до десятых долей.
	Тепловая нагрузка аппарата $Q = V \cdot \rho \cdot c (t_n - t_k) = 5,8 \cdot 10^5 \cdot 990 \cdot 4180 (65 - 25) = 9,6 \text{ кВт}$
93	В теплообменнике типа «труба в трубе» горячая вода в количестве $V = 3,6 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$ охлаждается от $t_1 = 58^\circ\text{C}$ до $t_2 = 22^\circ\text{C}$, а холодная вода нагревается от $t'_1 = 11^\circ\text{C}$ до $t'_2 = 29^\circ\text{C}$. Определить объемный расход холодной воды с учетом потерь тепла в окружающую среду, приняв коэффициент $\chi = 1,05$. Плотность горячей и холодной воды $\rho_{гор} = 992 \text{ кг}/\text{м}^3$, $\rho_{хол} = 998 \text{ кг}/\text{м}^3$, Теплоемкость горячей и холодной воды $c_{гор} = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$, $c_{хол} = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$. Результат представить в десятичной форме, округлив до десятых долей.
	$V_{хол} = \frac{V_{гор} \cdot \rho_{гор} \cdot c_{гор} (t_1 - t_2)}{\rho_{хол} \cdot c_{хол} (t'_2 - t'_1) \chi} = \frac{3,6 \cdot 10^5 \cdot 992 \cdot 4180 (58 - 22)}{998 \cdot 4190 (29 - 11) \cdot 1,05} = 6,8 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}$
94	Горячий и холодный теплоносители разделены в теплообменнике плоской стенкой толщиной $\delta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ из стали с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$. Коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке $\alpha_1 = 9848 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$, а от стенки к холодному теплоносителю – $\alpha_2 = 251 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$. Определить коэффициент теплопередачи в теплообменнике. Результат округлить до целого числа.
	Коэффициент теплопередачи $K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{9848} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{251}} = 242 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$
95	Уравнение линии равновесия $y^* = 0,5x$, коэффициенты массоотдачи $\beta_x = 5, \beta_y = 10$. Определить коэффициенты массопередачи K_y и K_x . Результат записать через точку с запятой.
	$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{0,5}{5}} = 5$

	$K_x = \frac{1}{\frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{m\beta_y}} = \frac{1}{\frac{1}{5} + \frac{1}{0.5 \cdot 10}} = 2.5$
96	Определить концентрацию аммиака в воде на выходе из противоточного насадочного абсорбера, служащего для поглощения аммиака из смеси его с воздухом водой при следующих условиях: начальная концентрация аммиака в воде $x_n = 0$ кмоль/кмоль, ее расход $L = 3,88 \cdot 10^{-2}$ кмоль/с, конечная концентрация аммиака в газе $y_k = 0,005$ кмоль/кмоль, начальная концентрация аммиака в газе $y_n = 0,025$ кмоль/кмоль. Раходгазовой фазы $G = 1,94 \cdot 10^{-2}$ кмоль/с.
	$x_k = \frac{G(y_n - y_k)}{L} = \frac{1,94 \cdot 10^{-2}(0,025 - 0,005)}{3,88 \cdot 10^{-2}} = 0,01 \text{ кмоль / кмоль}$
97	В процессе сушки материала в течение 120 с его влажность уменьшилась от $\omega_n = 42\%$ до $\omega_k = 12\%$. С какой скоростью осуществлялся процесс сушки?
	Скорость сушки $\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{\omega_n - \omega_k}{\tau} = \frac{42 - 12}{120} = 0,25\% / \text{с}$

3.6 Домашнее задание

3.6.1 ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности

Решить задачи в соответствии со своим вариантом

98. *Исходные данные:* определить число тарелок и высоту ректификационной колонны непрерывного действия для разделения под атмосферным давлением смеси метиловый спирт – вода. Массовая доля низкокипящего компонента в исходной смеси x_F , в дистилляте – x_d , в кубовом остатке – x_w . КПД тарелок принять равным – η , коэффициент избытка флегмы – β . Расстояние между тарелками равно h . Колонна обогревается глухим паром.

Начертить схему ректификационной установки непрерывного действия, описать принцип работы и сущность процесса, происходящего на каждой тарелке ректификационной колонны.

Значения β и η принять по предпоследней цифре шифра из табл. 1.

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,4	1,5	1,6
$\eta \cdot 10^2$	50	55	60	65	70	75	50	55	60	75

Значения x_F , x_d , x_w и h принять по последней цифре шифра из табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$x_F, \%$	26	27	28	29	20	21	22	23	24	25
$x_d, \%$	70	73	75	80	60	63	65	68	70	74
$x_w, \%$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$h \cdot 10^{-1}, \text{ м}$	23	25	28	27	30	31	34	25	27	30

Примечание. Построение кривой равновесия в координатах $y-x$ и графическое определение числа тарелок в колонне выполнить на миллиметровой бумаге.

Пример решения задачи

Изобразим схему ректификационной установки непрерывного действия (рис. 1).

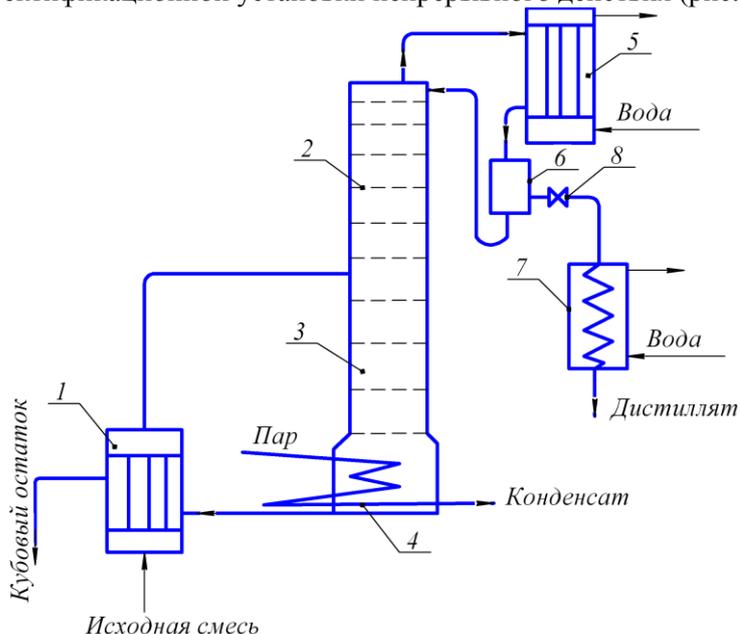


Рис. 1. Схема ректификационной установки непрерывного действия: 1 – теплообменник; 2 – укрепляющая часть колонны; 3 – исчерпывающая часть колонны; 4 – кипятыльник; 5 – дефлегматор; 6 – распределительный стакан; 7 – холодильник; 8 – вентиль регулирующий

Смесь подается в среднюю часть колонны через теплообменник 1, обогреваемый кубовым остатком или паром. В верхней части колонны 2, расположенной выше точки ввода смеси, происходит укрепление паров. В нижней части колонны 3, расположенной ниже точки ввода смеси, происходит исчерпывание низкокипящего компонента из жидкости. Из исчерпывающей части колонны жидкость стекает в кипятыльник (куб) 4, обогреваемый паром. В кипятыльнике образуются пары, поднимающиеся вверх по колонне; остаток непрерывно отводится из куба. Пары, выходящие из укрепляющей части колонны, поступают в дефлегматор 5, откуда флегма возвращается в колонну, а дистиллят направляется в холодильник 7.

Таким образом, по всей высоте колонны на каждой тарелке обеспечивается контакт пара с жидкостью, которые содержат оба компонента – высококипящий и низкокипящий. Сущность процесса, происходящего на каждой тарелке ректификационной колонны заключается при этом в следующем: пар, поднимающийся снизу вверх на тарелке барботирует через слой жидкости. При таком контакте происходит охлаждение пара, вследствие чего некоторая часть его конденсируется, причем в большей мере происходит конденсация высококипящего компонента.

За счёт конденсации части пара происходит его укрепление низкокипящим компонентом (повышение его концентрации в паре), а жидкости – высококипящим компонентом. Но частичная конденсация пара ведёт к выделению из него некоторого количества теплоты, которое идёт на нагревание жидкости. Такое нагревание жидкости приводит к переходу некоторой её части в парообразное состояние, причём в большем количестве в пар из жидкости переходит низкокипящий компонент. Происходит повторное укрепление пара низкокипящим компонентом, а жидкости – высококипящим.

Для построения кривой равновесия (рис. 2) используем равновесные составы жидкости и пара для бинарной системы метиловый спирт – вода [13].

Выражают концентрации исходной смеси, дистиллята и кубового остатка в мольных долях, для чего пользуются формулой.

$$x = \frac{\frac{a}{M_{\text{CH}_3\text{OH}}}}{\frac{a}{M_{\text{CH}_3\text{OH}}} + \frac{100-a}{M_{\text{H}_2\text{O}}}}, \quad (1)$$

где x – мольная доля низкокипящего компонента в смеси; a – весовой процент низкокипящего компонента в смеси; $M_{\text{CH}_3\text{OH}}$ – относительная молекулярная масса низкокипящего компонента (метанола) в смеси, $M_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32$; $M_{\text{H}_2\text{O}}$ – относительная молекулярная масса высококипящего компонента (воды) в смеси, $M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$.

$$R_{\text{раб}} = R_{\text{мин}} \beta = 0,178 \cdot 1,5 = 0,268.$$

Отрезок $B_{\text{раб}}$, отсекаемый рабочей линией укрепляющей части колонны на оси ординат диаграммы равновесия, определим по формуле

$$B_{\text{раб}} = \frac{x_D}{R_{\text{раб}} + 1} = \frac{62,8}{0,268 + 1} = 49,5 \%$$

Откладывая значение $B_{\text{раб}}$ на оси ординат, проводим линию DK . Её пересечение с перпендикуляром, восстановленным из точки x_F' , даёт точку F' . Соединяем точку F' с точкой W .

Линии: WF' – рабочих концентраций исчерпывающей части колонны; $F'D$ – рабочих концентраций укрепляющей колонны. Между линиями рабочих концентраций и равновесной линией вписываем ступени изменения концентраций. Их число равно $n_T = 6$ шт. Действительное число ступеней изменения концентраций (действительное число тарелок)

$$n_d = \frac{n_T}{\eta} = \frac{6}{0,65} = 9,2 \text{ шт.}$$

Принимаем действительное число тарелок $n_d = 10$ шт.

Высота ректификационной колонны (без кубовой части) равна

$$H = (n_d - 1)h = (10 - 1) \cdot 0,28 = 2,52 \text{ м.}$$

99. Исходные данные: определить необходимую поверхность теплообмена и геометрические размеры одноходового кожухотрубчатого теплообменника производительностью G для нагревания жидкости от температуры t_1 до t_2 паром температурой $t_{\text{п}}$.

Потери теплоты в окружающую среду 3 %. Коэффициент теплопередачи K . Трубы в теплообменнике стальные с наружным диаметром d_n и толщиной стенки 2,5 мм.

Привести схему горизонтального кожухотрубчатого теплообменника, описать его устройство и работу.

Значения G , t_1 , t_2 принять по предпоследней цифре шифра из табл. 1.

Таблица 1

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G , кг/с	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
t_1 , °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
t_2 , °C	90	91	92	93	94	95	96	97	98	100

Значения $t_{\text{п}}$, K , d_n и среднюю удельную теплоёмкость жидкости $c_{\text{ср}}$ принять по последней цифре шифра из табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$t_{\text{п}}$, °C	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
K , Вт/(м ² ·К)	700	720	740	750	780	800	820	840	860	880
d_n , мм	25	28	25	28	25	28	25	28	25	28
$c_{\text{ср}} \cdot 10^{-2}$, Дж/(кг·К)	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39

Пример решения задачи

Определяем тепловую нагрузку аппарата с учётом тепловых потерь по формуле:

$$Q = Gc_{cp}(t_2 - t_1)\chi = 2,3 \cdot 3200(100 - 24)1,03 = 576140 \text{ Вт.}$$

Средний температурный напор.

$$t_{\text{н}} = 118 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_{\text{к}} = 118 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 24 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{б}} = 94 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Delta t_{\text{м}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{94}{18} = 5,2$$

Т. к. $\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} > 2$, то $\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{94 - 18}{2,31 \lg \frac{94}{18}} = 46 \text{ }^\circ\text{C.}$

Необходимая поверхность теплообмена по формуле (2)

$$F = \frac{576140}{740 \cdot 46} = 16,9 \text{ м}^2.$$

Выполним конструктивный расчёт.

В трубных решётках отверстия для труб размещают равномерно по всему сечению теплообменника.

При размещении труб шаг t принимают в зависимости от наружного диаметра труб $d_{\text{н}}$; при закреплении труб развальцовкой

$$t = (1,3 \div 1,5)d_{\text{н}}, \text{ тогда } t = 1,4d_{\text{н}} = 1,4 \cdot 25 = 35 \text{ мм.}$$

Находим общее число труб n , которое можно разместить на трубной решётке по вершинам равносторонних треугольников в пределах вписанного в круг шестиугольника,

$$n = 0,75(h_{\text{д}}^2 - 1) + 1, \quad (3)$$

где $h_{\text{д}}$ – число труб, размещающихся на диаметре трубной решётки (на большей диагонали шестиугольника).

$$h_{\text{д}} = \sqrt[3]{\frac{4F}{3\beta t f}}, \quad (4)$$

где F – расчётная поверхность теплопередачи, м^2 ; t – шаг труб, м; f – площадь поверхности 1 м трубы принятого диаметра, м^2 ; β – отношение высоты или длины рабочей части теплообменника к его диаметру.

$$\beta = \frac{H}{D} = \frac{l}{D} = 3 \div 5, \text{ принимаем } \beta = 4, \text{ тогда по формуле (4)}$$

$$h_{\text{д}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 16,9}{3 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 0,025 \cdot 0,035}} = 12,7, \text{ принимаем } h_{\text{д}} = 13.$$

Общее число труб по формуле (3)

$$n = 0,75(13^2 - 1) + 1 = 127 \text{ труб.}$$

Внутренний диаметр кожуха теплообменника

$$D = (h_{\text{д}} - 1)t + 4d_{\text{н}} = (13 - 1)0,035 + 4 \cdot 0,025 = 0,52 \text{ м.}$$

Принимаем диаметр аппарата $D = 0,6 \text{ м.}$

Рабочую длину l одной трубы теплообменника находим из уравнения

$$l = \frac{F}{\pi d_{\text{ср}} n}, \quad (5)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр теплообменной трубы, м; n – число труб, шт.

По формуле (5)

$$l = \frac{16,9}{3,14 \cdot 0,0225 \cdot 127} = 1,88 \text{ м.}$$

Полная высота теплообменника

$$H = l + 2\delta + 2h = 1,88 + 2 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,2 = 2,31 \text{ м.}$$

где $\delta = 0,015 \text{ м}$ – принятая толщина трубной решётки; $h = 0,2 \text{ м}$ – принятая высота камеры.

Изобразим схему горизонтального кожухотрубчатого теплообменника (рис. 1).

Он состоит из корпуса *1*, изготовляемого из цельнотянутой или сварной трубы, или листовой стали с приваренными по торцам трубными решётками *2*, в которых развальцовкой или сваркой закреплены теплообменные трубы *3*.

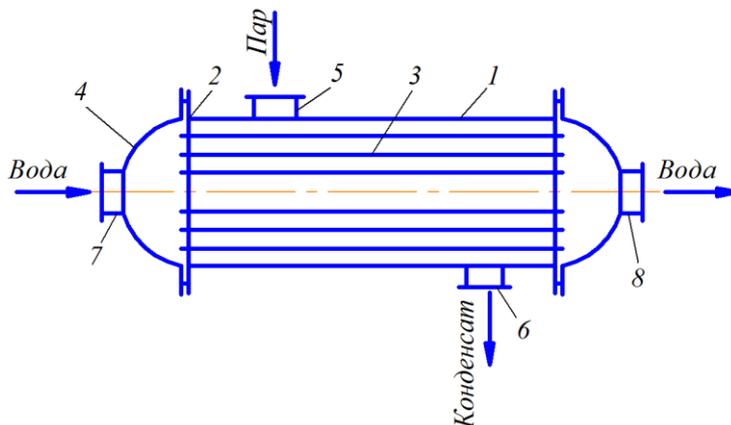


Рис. 1. Схема горизонтального кожухотрубчатого теплообменника

Таким образом, создаётся межтрубное и трубное пространство теплообменника. В межтрубное пространство подаётся один теплоноситель (например, пар). Для подачи теплоносителей аппарат оборудуется штуцерами *5* и *7* и крышками *4*.

Вывод теплоносителей из аппарата осуществляется с помощью штуцеров *6* и *8*. В случае большой разности температур между теплоносителями на теплообменнике устанавливается компенсирующее устройство.

В трубное пространство направляют теплоноситель, дающий меньшие загрязнения поверхности. Периодически поверхность теплообменных труб подвергается очистке.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
ПКв-2 - Способен проводить поисковые и научно-исследовательские работы химической направленности					
Знать этапы исследований, методы и средства проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве; методики обработки результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве	Тест	Результат тестирования	0 – 59,99% правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			60 – 74,99% правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышенный)
			75 – 84,99 % правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			85 – 100 % правильных ответов	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (экзамен)	Знание этапов исследований, методов и средств проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве; методик обработки результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве	обучающийся грамотно решил кейс-задания, задачу, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил кейс-задания, задачу, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, задачи, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, задачи, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
Уметь проводить исследования тепло- и массопереноса в аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве; интерпретировать результаты исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве	Собеседование (защита лабораторной работы)	Умение проводить исследования тепло- и массопереноса в аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве; интерпретировать результаты исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве	студент активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			студент выполняет роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть о методами и	Ситуационное	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько	Отлично	Освоена (повышенный)

<p>средствами проведения испытаний аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве; навыками представления результатов исследований работы аппаратов для тепло- и массопереноса в химическом производстве</p>	задание		альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации		
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Задача	Содержание решения	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Домашнее задание	Содержание решения	обучающийся грамотно и без ошибок выполнил домашнее задание	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся правильно выполнил домашнее задание, но в вычислениях допустил ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения домашнего задания	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения домашнего задания	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)

