

"Ярославский государственный технический университет"

АННОТАЦИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология
(шифр и наименование направления)

Направленность (профиль) программы «Фармацевтическая биотехнология»

Квалификация (степень): бакалавр.

1 Цели, задачи и результаты освоения дисциплины, ее место в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии» входит в обязательную часть дисциплин и является составной частью подготовки выпускника, специализирующегося в биотехнологии, обеспечивая углубленное изучение материала в области моделирования и расчета процессов, изучение наиболее распространенных конструкций химических аппаратов и реакторов, а также методов их инженерного расчета.

1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Категория	Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	знать	ИУК-2.1 основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности; основные научные направления развития науки и техники
		уметь	ИУК-2.2 формулировать и производить необходимые расчеты основных параметров, на основе которых выбирать эффективные способы регулирования и решения основных проблем биотехнических процессов
		владеть	ИУК-2.3 навыками решения научных и проектных задач с использованием современных технологий; владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности

Категория	Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	
Информационная среда и цифровая экономика	ОПК-2 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять её в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчётов и моделирование, с учётом основных требований информационной безопасности	знать	<i>ИОПК-2.1</i> основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации
		уметь	<i>ИОПК 2.2</i> правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования
		владеть	<i>ИОПК-2.3</i> методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
Общеинженерные и технологические навыки	ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	знать	<i>ИОПК-4.1</i> основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования
		уметь	<i>ИОПК-4.2</i> рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массо-передачи
		владеть	<i>ИОПК-4.3</i> навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина опирается на ранее изученные дисциплины: математику, физику, цифровые и информационные технологии, биоорганическая химия, инструментальные методы анализа в биотехнологии, прикладная механика и используется при изучении дисциплин: общая биотехнология, системы управления биотехнологическими процессами, основные методы выделения, очистки, концентрирования целевых продуктов биотехнологического

производства, моделирование химико-технологических процессов в биотехнологии.

2 Содержание дисциплины

2.1 Распределение общей трудоемкости дисциплины по семестрам, видам занятий и формам контроля¹

Общие сведения				Форма контроля					Контактная работа с преподавателем, час.							Самостоятельная работа, час.		
Курс	Семестр	ЗЕТ (зачетные единицы)	Всего, часов (недель для практики)						Экзамен	Зачет	Курс. проект	Курс. работа	РЗ, РГР, реф., контр. работа	Всего контактной работы	Инд. работа с преподавателем	Экзамен, включая консультации	Аудиторная работа	
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия											
2	4	6	216	+				+	131		9	122	32	50	40	85	27	58
3	5	6	216	+		+		+	115	2	9	104	24	50	30	101	27	74

¹ Таблица 2.1 заполняется в соответствии с учебным планом

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Ярославский государственный технический университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ЯГТУ

В.А. Голкина

(подпись, И. О. Фамилия)

" 21 " 02 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

(шифр и наименование направления)

Направленность (профиль) программы «Фармацевтическая биотехнология»

Квалификация (степень): бакалавр

Блок программы: Дисциплины (модули)

Часть программы: обязательная

(обязательная, формируемая участниками образовательных отношений, элективные дисциплины)

Форма обучения: очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Семестр(ы) 4,5

Факультет / Институт (обеспечивающий): Институт химии и химической технологии

Кафедра «Химическая технология органических веществ»

Факультет / Институт (выпускающий)): Институт химии и химической технологии

Ярославль 2022

Реквизиты рабочей программы

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра, а также в соответствии
(бакалавра, специалиста, магистра)
с рабочим учебным планом (регистрационный номер 19.03.01 БТ – 2022).

Программу разработал(и) преподаватель(и) кафедры «Химическая технология органических веществ»

канд. хим. наук, доцент
(ученая степень, должность,


(подпись,

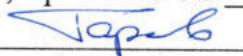
/ Кораблева О.Н. /
(расшифровка подписи)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании кафедры Химической технологии органических веществ
(кафедра-разработчик)

" 7 " 02 2022г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой


(подпись)

А.В. Тарасов
(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО

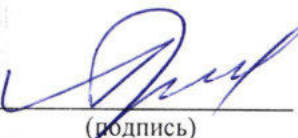
Заведующий выпускающей кафедрой


(подпись)

С.В. Гудков
(расшифровка подписи)

" 18 " 02 2022 г.

Директор института химии
и химической технологии


(подпись)

Г.В. Рыбина
(расшифровка подписи)

" 21 " 02 2022г.

Регистрационный код программы

7368

Отдел контроля и мониторинга учебного процесса ЯГТУ


(подпись)

К.Г. Зорина
(расшифровка подписи)

Цели, задачи и результаты освоения дисциплины, ее место в структуре основной образовательной программы

1.1 Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Процессы и аппараты биотехнологии» входит в обязательную часть дисциплин и является составной частью подготовки выпускника, специализирующегося в биотехнологии, обеспечивая углубленное изучение материала в области моделирования и расчета процессов, изучение наиболее распространенных конструкций химических аппаратов и реакторов, а также методов их инженерного расчета.

1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Категория	Код и наименование компетенции	Индикаторы компетенций	
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	знать	ИУК-2.1 основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности; основные научные направления развития науки и техники
		уметь	ИУК-2.2 формулировать и производить необходимые расчеты основных параметров, на основе которых выбирать эффективные способы регулирования и решения основных проблем биотехнических процессов
		владеть	ИУК-2.3 навыками решения научных и проектных задач с использованием современных технологий; владеет навыками проектирования простейших аппаратов биотехнологической промышленности
Информационная среда и цифровая экономика	ОПК -2 Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять её в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчётов и моделирование, с учётом основных требований информационной безопасности	знать	ИОПК-2.1 основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации
		уметь	ИОПК 2.2 правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования
		владеть	ИОПК-2.3 методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

Общеинженерные и технологические навыки	ОПК – 4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	знать	<i>ИОПК-4.1</i> основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования
		уметь	<i>ИОПК-4.2</i> рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массо-передачи
		владеть	<i>ИОПК-4.3</i> навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина опирается на ранее изученные дисциплины: математику, физику, цифровые и информационные технологии, биоорганическая химия, инструментальные методы анализа в биотехнологии, прикладная механика и используется при изучении дисциплин: общая биотехнология, системы управления биотехнологическими процессами, основные методы выделения, очистки, концентрирования целевых продуктов биотехнологического производства, моделирование химико-технологических процессов в биотехнологии.

2 Содержание дисциплины

2.1 Распределение общей трудоемкости дисциплины по семестрам, видам занятий и формам контроля¹

Общие сведения				Форма контроля					Контактная работа с преподавателем, час.							Самостоятельная работа, час.		
									Всего контактной работы	Инд. работа с преподавателем	Экзамен, включая консультации	Аудиторная работа				Всего	Подготовка к экзамену	Текущая самостоятельная работа
Курс	Семестр	ЗЕТ (зачетные единицы)	Всего, часов (недель для практики)	Экзамен	Зачет	Курс. проект	Курс. работа	РЗ, РГР, реф., контр. работа				Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			
2	4	6	216	+				+	131		9	122	32	50	40	85	27	58
3	5	6	216	+		+		+	115	2	9	104	24	50	30	101	27	74

2.2 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам аудиторных занятий

		Трудоемкость, час.			
Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	Всего ауди- торных занятий
	Семестр 4				
1	Теоретические основы процессов химической технологии	2	-	-	2
2	Гидравлика и гидравлические машины	8	20	18	46
3	Гидромеханические процессы и аппараты	8	12	6	26
4	Тепловые процессы и аппараты	14	8	26	48
	Всего семестр 4	32	40	50	122
	Семестр 5				
5	Массообменные процессы и аппа- раты	12	30	34	76
6	Массопередача в системах с твёр- дой фазой	8	-	12	20
7	Реактора. Методы расчета биоре- акторов	4	-	4	8
	Всего в семестре 5	24	30	50	104

2.3 Матрица соответствия разделов дисциплины и осваиваемых компетенций

¹ Таблица 2.1 заполняется в соответствии с учебным планом

Шифр компетенции по ФГОС	Содержание компетенции	Номер раздела или темы						
		1	2	3	4	5	6	7
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений		+	+	+	+	+	+
ОПК-2	Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности		+	+	+	+	+	+
ОПК -4	Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	+	+	+	+	+	+	+

2.4 Содержание лекционных занятий

Номер раздела и темы	Содержание	Трудоемкость, час
		Лекционных занятий
	Семестр 4	
1	Теоретические основы процессов химической технологии	2
1.1	Классификация основных процессов	1
1.2	Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы	1
2	Гидравлика и гидравлические машины	8
2.1	Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Гидравлические сопротивления в трубопроводах	2

Номер раздела и темы	Содержание	Трудоемкость, час
		Лекционных занятий
2.1	Уравнение расхода и неразрывности потока. Критерий Рейнольдса и его физический смысл	2
2.2	Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости	2
2.3	Основные параметры работы насосов. Конструкции насосов. Допустимая высота всасывания. Схема насосной установки	2
3	Гидромеханические процессы и аппараты	8
3.1	Физические основы разделения неоднородных систем под действием силы тяжести и под действием центробежной силы. Конструкции аппаратов (отстойников, пылесадительных камер, циклонов, центрифуг)	2
3.2	Физические основы перемешивания в жидких средах. Способы перемешивания. Конструкции механических мешалок	2
3.3	Движущая сила фильтрования. Дифференциальное уравнение фильтрования. Конструкции фильтров	2
3.4	Гидродинамическая картина псевдоожижения. Основные параметры кипящего слоя. Аппараты кипящего слоя	2
4	Тепловые процессы и аппараты	14
4.1	Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Конструкции теплообменных аппаратов	8
4.2	Выпаривание. Материальный и тепловой балансы процесса выпаривания. Определение полезной разности температур. Конструкции аппаратов.	6
	Всего семестр 4	32
Семестр 5		
5	Массообменные процессы и аппараты	12
5.1	Общая характеристика процессов. Основные законы фазового равновесия. Равновесные кривые на Y-X диаграмме. Техничко-экономический анализ и оптимизация массообменных процессов	4
5.2	Абсорбция. Принципиальные схемы процесса абсорбции. Определение расхода абсорбента. Конструкции абсорбентов. Определение основных конструкционных параметров абсорбера	4
5.3	Сущность процесса перегонки и ректификации. Материальный и тепловой балансы. Минимальное и оптимальное флегмовое число. Схема ректификационной установки. Порядок расчета основных размеров ректификационной колонны	4

Номер раздела и темы	Содержание	Трудоем- кость, час
		Лекционных занятий
6	Массопередача в системах с твердой фазой	8
6.1	Экстракция из твердых пористых материалов (выщелачивание). Принципиальные схемы процесса экстракции. Треугольная и прямоугольная диаграммы процесса. Правило рычага. Определение числа теоретических тарелок процесса экстрагирования	2
6.2	Общая характеристика процесса адсорбции. Области применения. Промышленные адсорбенты. Конструкции адсорберов, расчет основных размеров адсорбера	4
6.3	Физические основы сушки. Свойства влажного воздуха, основные параметры I-X диаграммы. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика, движущая сила и механизм сушки. Конструкции сушилок	2
7	Реактора. Методы расчета биореакторов	4
7.1	Классификация биореакторов. Конструкция и принцип работы биохимических реакторов	2
7.2	Методика технологического расчета биореактора	2
	Всего семестр 5	24
	Итого	56

2.5 Содержание лабораторного практикума

Номер раздела	Номер и наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
	Семестр 4	
2	Режимы движения жидкости. Демонстрация уравнения Д. Бернулли. Дроссельные расходомеры. Экспериментальное определение и расчет потерь напора при движении жидкости по трубопроводу. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Изучение работы насосов динамического и объемного действия. Построение рабочих характеристик	20
3	Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя зернистого материала. Исследование процесса механического перемешивания. Исследование процесса фильтрования.	12
4	Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в кожухотрубчатом рекуперативном теплообменнике. Испытание различных конструкций теплообменников	8
	Всего семестр 4	40
	Семестр 5	
5	Изучение процесса абсорбции в насадочной колонне. Изучение процесса адсорбции. Разделение бинарных смесей в ректификационной установке. Исследование гидродинамики тарельчатых и насадочных колонн	30
	Всего семестр 5	30
	Итого	70

2.6 Содержание практических занятий (семинаров)

Номер раздела	Номер и тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость, час
	Семестр 4	
2	Жидкость и ее физические свойства. Гидростатическое Давление на дно и стенки сосуда. Построение эпюры гидростатического давления. Истечение жидкости через отверстия и насадки. Гидравлические сопротивления. Расчет трубопроводов. Определение потерь напора и давления на заданном участке трубопровода. Графоаналитический расчет простых и сложных трубопроводов. Определение основных параметров насоса. Расчет насосной установки.	18
3	Осаждение частиц в поле действия сил тяжести, в поле действия центробежных сил. Построение кривой псевдоожижения. Определение скорости начала псевдоожижения, скорости уноса. Псевдоожижение. Расчет мощности мешалки	6
4	Расчет движущей силы теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчет кожухотрубчатых теплообменников. Расчет процесса выпаривания. Определение полезной разности температур.	26
	Всего семестр 4	50
	Семестр 5	
5	Основы массопередачи. Абсорбция. Расчет насадочного абсорбера. Перегонка и ректификация. Расчет ректификационной установки.	34
6	Расчет процесса экстракции. Расчет процесса адсорбции. Сушка. Расчеты по конвективной сушке	12
7	Определение основных конструкционных размеров реакторов различного типа	4
	Всего семестр 5	50
	Итого	100

2.7 Содержание текущей самостоятельной работы²

Содержание работы	Примерная норма трудоемкости, час.	К-во часов или единиц	К-во часов текущей самостоятельной работы
1. Изучение лекционного материала	0,5 часа на 1 час лекц.	56	28
2. Самостоятельное изучение темы (для заочной формы обучения) ³			
3. Подготовка к лабораторным занятиям, оформление отчетов по лабораторным работам	0,5 часа на 1 час лабор. зан.	70	35
4. Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	0,5 часа на 1 час практ. зан.	100	50
5. Выполнение, оформление и подготовка к защите курсового проекта	54 / 72	1	54
6. Выполнение, оформление и подготовка к защите курсовой работы	36		
7. Выполнение, оформление и подготовка к защите расчетного задания, реферата, контрольной работы	9	2	18
8. Выполнение домашних заданий	0,25 ч. на 1 задачу		
9. Подготовка к текущим контрольным работам, тестированию по теме (разделу)	2 ч. на тему		
10. Работа с учебной и научной литературой (самостоятельное изучение, конспектирование источников, подготовка обзоров и т.п.)	**		1
11. Самообучение и самоконтроль с помощью педагогических программных средств	**		
12. СРС под руководством преподавателя	**		
13. Другие виды СРС (указать)	**		
Всего	-	-	186

** объем устанавливается кафедрой.

² Объем текущей самостоятельной работы (всего, час.) должен соответствовать таблице 2.1 рабочей программы

³ Объем часов на самостоятельное изучение темы (для заочной формы обучения) должен совпадать с объемом часов в таблице 2.4

3 Технологическое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

3.1 Структурная матрица используемого технологического и учебно-методического обеспечения

Номер раздела дисциплины	Технологическое обеспечение		Учебно-методическое обеспечение дисциплины																												
			Средства лекционного преподавания							Учебная (печатная) литература для студентов							Электронные ресурсы														
	Традиционные технологии	Инновационные технологии	Раздаточный материал	Плакаты, стенды, натуральные образцы	Колопозитивы (фолии)	Видеофрагменты (видеофильмы)	Материалы для мультимедийных средств	Другие средства	Конспект лекций	Учебники, учебные пособия	Методические указания	Задачники	Материалы для самоконтроля	Справочная литература	Другая учебная литература	Электронный практикум	Виртуальные лабораторные работы	Мультимедийные презентации	Обучающие программы	Контролирующие программы	Расчетные программы	Моделирующие программы	Другие электронные ресурсы	Электронные копии							
																								лекций	учебных пособий	методических указаний	задачников	контрольных заданий	справочной литературы	других электронных ресурсов	
1	+					+											+														
2	+					+	+	+	+			+					+							+	+		+				
3	+	+						+	+				+				+														
4	+	+											+				+														
5	+	+				+	+						+				+								+						
6	+					+	+									+	+														
7	+						+										+														

3.2 Перечень печатных и электронных изданий, информационных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины приводится в документе «Учебно-методическое обеспечение дисциплины», который является неотъемлемой частью данной рабочей программы.

4 Оценочные средства контроля освоения компетенций

4.1 Структурная матрица оценочных средств по дисциплине

Вид и форма контроля, оценочные средства по дисциплине	Шифр компетенции по ФГОС ВО/ матрице компетенций		
	УК-2	ОПК-	ОПК -4
1. Текущий контроль по дисциплине			
Собеседование			
Контрольная работа	+	+	+
Выполнение домашних заданий			
Тестирование по разделам (темам)	+		+
Индивидуальные (групповые) творческие задания			
Защита лабораторных работ	+	+	+
Работа на практических занятиях, семинарах			
Выполнение расчетно-графических работ	+	+	+
Реферат, эссе, доклад			
Другие формы текущего контроля (указать)			
2. Итоговый контроль по дисциплине			
Зачет			
Экзамен	+		+
Курсовая работа (защита)			
Курсовой проект (защита)	+	+	+
Тестирование итоговое			
Другие формы итогового контроля по дисциплине (указать)			

Соответствие видов контроля и оценочных средств осваиваемым компетенциям отмечается в таблице знаком «+»

5 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Номер	Наименование и местоположение оборудованных учебных аудиторий, лабораторий	Укрупненный перечень оборудования и технических средств обучения
1.	Лаборатория Гидравлики. Корпус Б, аудитория Б-130	Установки: • Изучение режимов движения жидкости. • Демонстрация уравнения Бернулли. • Гидравлические сопротивления. • Истечение жидкости через отверстия и насадки. • Изучение дроссельных расходомеров.
2.	Лаборатория гидромашин и гидропривода Корпус Б, аудитория Б-132	Установки: • Испытание поршневого насоса. • Испытание центробежных насосов. • Испытание вихревого насоса.
3.	Лаборатория гидромеханических и тепловых процессов Корпус Б, аудитория Б-125	Установки: • Исследование процесса механического перемешивания. • Изучение кипящего слоя. • Исследование процесса фильтрации. • Расчет кожухотрубного теплообменника.
4.	Лаборатория тепловых и массообменных процессов Корпус Б, аудитория Б-126	Установки: • Испытание парокомпрессионной холодильной установки. • Исследование гидродинамики насадочных колонн. • Исследование процесса бинарной ректификации.
5.	Лаборатория тепловых и массообменных процессов Корпус Б, аудитория Б-230	Установки: • Испытание теплообменника типа "труба в трубе". • Исследование гидродинамики тарельчатых и насадочных колонн. • Исследование процесса абсорбции. • Исследование процесса сушки. • Исследование процесса сушки в кипящем слое. • Исследование процесса адсорбции.

6 Перечень информационных технологий (включая программное обеспечение)

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине используется следующее лицензионное программное обеспечение

1. LibreOffice (GNU LESSER GENERAL PUBLIC LICENSE v3 <http://www.libreoffice.org/>).

2. Операционные системы Microsoft Windows 7, 8, 10 (Подписка № 1203906197 на право использования для обучения в высших учебных заведениях Microsoft DreamSpark Premium).

3. Компас 3D v16 (Лицензия № МЦ – 15-00278 на право использования программного обеспечения КОМПАС-3D версии 16).

7 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Деятельность обучающегося
Лекция	Обучающемуся рекомендуется: 1. Вести конспект лекций: кратко излагая содержание материала, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, приводить графики и схемы; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. 2. При записи лекционного материала правильно применять термины, понятия, проверять их с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований. 3. Вопросы, термины, материалы лекции, которые вызывают трудности, рассмотреть самостоятельно (поиск ответов в рекомендуемой литературе). 4. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на текущих консультациях или после лекции.
Лабораторные занятия	Обучающийся должен: 1. При подготовке к выполнению лабораторных работ изучить конспект лекций, ознакомиться с объемом и учебной целью лабораторной работы. 2. При выполнении лабораторной работы изучить объем, последовательность выполнения работы и продумать порядок своих действий; изучить технические условия для выполнения каждой работы; ознакомиться с комплектом инструментов, приборов, приспособлений и оборудования для каждой лабораторной работы и порядком их использования при выполнении работ. 3. Изучить требования по технике безопасности, которые необходимо выполнять на каждой лабораторной работе. 4. При выполнении лабораторной работы следовать указаниям преподавателя и(или) лаборанта, вести соответствующие записи. 5. После выполнения лабораторной работы оформить отчет и подготовиться к защите лабораторной работы.

Вид учебных занятий	Деятельность обучающегося
Практические занятия	Обучающийся должен: 1. При подготовке к практическим занятиям изучить конспект лекций, соответствующие учебники и учебно-методические пособия. 2. На практическом занятии следовать указаниям преподавателя, вести соответствующие записи. 3. Завершить выполнение задания на практическом занятии или самостоятельно после его окончания.
Выполнение курсовых работ (проектов), РГР, контрольных работ	Обучающийся должен: 1. Получить задание на курсовую работу (проект), контрольную работу, РГР у преподавателя в начале семестра. 2. При подготовке к выполнению работы изучить конспект лекций, соответствующие учебники и учебно-методические пособия, ознакомиться с объемом и учебной целью работы; продумать порядок своих действий, распределить время на выполнение работы, консультирование у преподавателя. 3. Выполнить работу в соответствии с выданным заданием, при необходимости консультируясь с преподавателем. 4. Оформить курсовую работу (проект), контрольную работу, РГР в соответствии с требованиями стандартов ЯГТУ. 5. Защитить выполненную работу в установленные сроки.
Самостоятельная работа	Обучающемуся рекомендуется: 1. Самостоятельно изучить (повторить) конспект лекций, соответствующие учебники и учебно-методические пособия, записи лабораторных и практических занятий. 2. Изучить темы, выданные на самостоятельное изучение, по рекомендованным источникам (раздел 3.2 настоящей рабочей программы) 3. Выполнять все виды текущей самостоятельной работы, указанные в таблице 2.7 настоящей рабочей программы.
Подготовка к зачету, экзамену	Обучающемуся рекомендуется: 1. При подготовке к зачету, экзамену изучить (повторить) конспект лекций, соответствующие учебники и учебно-методические пособия, записи лабораторных и практических занятий. 2. Внимательно ознакомиться с вопросами к зачету, экзамену, распределить время на подготовку, консультирование у преподавателя. 3. По вопросам, вызвавшим затруднение, проконсультироваться с преподавателем (для экзамена – явка на экзаменационную консультацию обязательна).

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Ярославский государственный технический университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор ЯГТУ

В.А. Голкина

(подпись, И. О. Фамилия)

" 21 " 02 2022 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

(шифр и наименование направления)

Направленность (профиль) программы: «Фармацевтическая биотехнология»

Квалификация (степень): бакалавр

Блок программы: Дисциплины (модули)

Часть программы: обязательная

(обязательная, формируемая участниками образовательных отношений, элективные дисциплины)

Форма обучения: очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Семестр(ы) 4,5

Факультет / Институт (обеспечивающий): Институт химии и химической технологии

Кафедра «Химическая технология органических веществ»

Факультет / Институт (выпускающий) Институт химии и химической технологии

Ярославль 2022

Реквизиты

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра, а также в соответствии
(бакалавра, специалиста, магистра)
с рабочим учебным планом (регистрационный номер 19.03.01 БТ – 2022.

Программу разработал(и) преподаватель(и) кафедры «Химическая технология органических веществ»

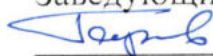
канд. хим. наук, доцент
(ученая степень, должность,


подпись,

/ Кораблева О.Н. /
расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой «Химическая технология органических веществ»



(подпись)

А.В. Тарасов

(расшифровка подписи)

Директор НТБ ЯГТУ



(подпись)

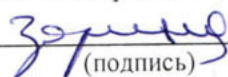
Фуникова Т.Н.

(расшифровка подписи)

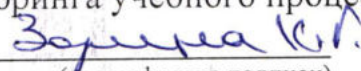
"04" "02" 2022г.

Регистрационный код рабочей программы 7368

Отдел контроля и мониторинга учебного процесса ЯГТУ



(подпись)



(расшифровка подписи)

1 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

1 Перечень печатных и электронных изданий, информационных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины:

1.1 Обязательные издания, имеющиеся в НТБ ЯГТУ (печатные¹, электронные издания²):

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - М.: 1971, 1973, 2005 [Перепечатка с изд. 1973 г.]. - 750 с. (218, 148 экз.).

2. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков; под ред. П. Г. Романкова. - М.: 1976, 1981, 1987, 2005. - 575 с. (428, 171, 187, 284 экз.).

3. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учеб. пособие для студ. хим.-технол. спец. вузов / Г. С. Борисов [и др.]; под ред. Ю. И. Дытнерского. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1991. - 496 с. (368 экз.).

4. Леонтьев, В. К. Гидравлика: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, Е. А. Гирба, О. Н. Кораблева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Ярославль, 2014. - 88 с. - (141 экз.). + ЭР: Леонтьев, В. К. Гидравлика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, Е. А. Гирба, О. Н. Кораблева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Электрон. граф., текст. данные (1,24 МБ).

5. Леонтьев, В. К. Расчет насосной установки: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, М. А. Барашева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Ярославль, 2013. - 138 с. - (97 экз.). + ЭР: Леонтьев, В. К. Расчет насосной установки [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, М. А. Барашева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Электрон. граф., текст. данные (2,38 МБ).

6. Леонтьев, В. К. Расчет рекуперативных теплообменников: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, М. А. Барашева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Ярославль, 2012. - 103 с. - (183 экз.) + ЭР: Леонтьев, В. К. Расчет рекуперативных теплообменников [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, М. А. Барашева; Яросл. гос. техн. ун-т. - Электрон. граф., текст. данные (2,25 МБ).

7. Леонтьев, В. К. Процессы и аппараты химической технологии. Абсорбция: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, О.Н. Кораблева, Е.А. Гирба. - Ярославль, ИД ЯГТУ, 2018. - 100 с. - (67 экз.) + ЭР: Леонтьев, В. К. Процессы и аппараты химической технологии. Абсорбция [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. К. Леонтьев, О. Н. Кораблева, Е. А. Гирба. - Электрон. граф., текст. данные (1,57 МБ).

¹ Необходимо указать количество экземпляров печатных из числа имеющихся в НТБ ЯГТУ. Норматив книгообеспеченности 25 книг на 100 человек. Поиск изданий в электронном каталоге библиотеки:
<http://corv.ystu.ru:39445/megapro/Web>

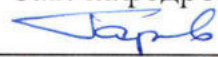
² Перечень электронных изданий в ЭБС, на которые есть подписка ЯГТУ, можно посмотреть по адресу:
<http://corv.ystu.ru:39445/marc/ebs.php>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ярославский государственный технический университет»

Кафедра Химической технологии органических веществ

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ХТОВ

 А.В. Тарасов

(подпись, И. О. Фамилия)

" 4 " 02 2022 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки: 19.03.01 Биотехнология

(код и наименование направления)

Направленность (профиль) программы: «Фармацевтическая биотехнология»

Форма обучения Очная

Авторы/разработчики ФОСД:

Кораблева О.Н., канд. хим. наук, доцент

 / 4.02.2022

(подпись)

(дата)

Рассмотрено на заседании кафедры

Химической технологии органических веществ,

протокол № 4 " 4 " 02 2022 г.

Рег. код рабочей программы

7368

Рег. код ФОСД

6379

Отдел контроля и мониторинга учебного процесса ЯГТУ

 / Зрина К.Г.

(подпись)

Ярославль 2022

1 Общие сведения о дисциплине

1.1 Распределение общей трудоемкости дисциплины по семестрам, видам занятий и формам контроля¹

Общие сведения				Форма контроля				Контактная работа с преподавателем, час.							Самостоятельная работа, час.			
								Всего контактной работы	Инд. работа с преподавателем	Экзамен, включая консультации	Аудиторная работа				Всего	Подготовка к экзамену	Текущая самостоятельная работа	
Курс	Семестр	ЗЕТ (зачетные единицы)	Всего, часов (неделя для практики)	Экзамен	Зачет	Курс. проект	Курс. работа				РЗ, РГР, реф., контр. работа	Всего	Лекции	Практические занятия				Лабораторные занятия
2	4	6	216	+				+	131		9	122	32	50	40	85	27	58
3	5	6	216	+		+		+	115	2	9	104	24	50	30	101	27	74

1.2 Перечень разделов (тем) дисциплины²

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Трудоемкость, час.			
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Всего аудиторных занятий
	Семестр 4				
1	Теоретические основы процессов химической технологии	2	-	-	2
2	Гидравлика и гидравлические машины	8	20	18	46
3	Гидромеханические процессы и аппараты	8	12	6	26
4	Тепловые процессы и аппараты	14	8	26	48
	Всего семестр 4	32	40	50	122
	Семестр 5				
5	Массообменные процессы и аппараты	12	30	34	76
6	Массопередача в системах с твердой фазой	8	-	12	20
7	Реактора. Методы расчета биореакторов	4	-	4	8
	Всего в семестре 5	24	30	50	104

¹ Раздел заполняется в соответствии с учебным планом и рабочей программой по учебной дисциплине

¹ Таблица заполняется в соответствии с п.2.1 рабочей программы¹

² Таблица заполняется в соответствии с п.2.2 рабочей программы

1.3 Матрица соответствия разделов дисциплины и осваиваемых компетенций ³

Шифр компетенции по ФГОС (матрице компетенций)	Содержание компетенции	Индикаторы (шифр, содержание)	Номер раздела или темы						
			1	2	3	4	5	6	7
УК-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	ИУК-2.1 знать основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности; основные научные направления развития науки и техники ИУК-2.2 уметь формулировать и производить необходимые расчеты основных параметров, на основе которых выбирать эффективные способы регулирования и решения основных проблем биотехнических процессов ИУК-2.3 владеть навыками решения научных и проектных задач с использованием современных технологий; владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности		+	+	+	+	+	+

³ Таблица заполняется в соответствии с п.2.3 рабочей программы

Шифр компетенции по ФГОС (матрице компетенций)	Содержание компетенции	Индикаторы (шифр, содержание)	Номер раздела или темы						
			1	2	3	4	5	6	7
ОПК-2	Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами		+	+	+	+	+	+
ОПК -4	Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ИОПК-4.1 знать основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования ИОПК-4.2 уметь рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи ИОПК-4.3 владеть навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы	+	+	+	+	+	+	+

Данная таблица отражает перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины.

2 Контрольно-измерительные и оценочные материалы

2.1 Перечень используемых форм контроля, контрольно-измерительных и оценочных материалов

Номера разделов	Формы контроля, контрольно-измерительные и оценочные материалы												
	Оценочные материалы для собеседования	Оценочные материалы для контрольных работ	Оценочные материалы для самостоятельной (домашней) работы	Тестовые задания	Оценочные материалы для практических занятий	Оценочные материалы для лабораторных работ	Оценочные материалы для индивидуальных (групповых) творческих работ	Оценочные материалы для курсовых работ (проектов)	Оценочные материалы для ргр	Оценочные материалы для рефератов, эссе	Оценочные материалы для зачета	Оценочные материалы для экзамена	Прочие виды оценочных материалов
Компетенция УК-2													
1								+	+			+	
2				+	+	+			+			+	
3				+	+	+						+	
4				+	+	+			+			+	
5				+	+	+		+				+	
6				+	+	+		+				+	
7					+			+				+	
Компетенция ОПК-2													
1								+	+			+	
2				+	+	+			+			+	
3				+	+	+						+	
4				+	+	+			+			+	
5				+	+	+		+				+	
6				+	+	+		+				+	
7					+			+				+	
Компетенция ОПК-2													
1								+	+			+	
2				+	+	+			+			+	
3				+	+	+						+	
4				+	+	+			+			+	
5				+	+	+		+				+	
6				+	+	+		+				+	
7					+			+				+	

2.2 Контрольно-измерительные и оценочные материалы

Далее приводится описание указанных в таблице 2.1 контрольно-измерительных и оценочных материалов, применяемых критериев оценки и оценочных шкал.

Вопросы для защиты лабораторных работ

Раздел (тема) 2 Гидравлика и гидравлические машины

Компетенции (шифр, содержание):

- УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК-2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК-2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК-4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.

ИОПК-4.1 знать основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования

ИОПК-4.2 уметь рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи

ИОПК-4.3 владеть навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптими-

зации технологических параметров и режима работы

Вопросы:

1. Истечение жидкости через отверстия и насадки:

- теоретическая скорость истечения;
- коэффициенты скорости, сжатия струи, расхода;
- действительный расход при истечении;
- время истечения при переменном напоре;

2. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли:

- физический смысл уравнения Бернулли;
- геометрический смысл уравнения Бернулли;
- уравнение Бернулли для потока реальной жидкости (расшифровать все величины, входящие в уравнение);
- определение средних и истинных скоростей;

3. Изучение режимов движения жидкостей:

- режимы движения жидкости Эквивалентный диаметр, его определение;
- критерий Рейнольдса, его физический смысл;
- критерий Рейнольдса (расшифровать все величины, входящие в формулу с указанием их размерностей);

4. Определение потерь напора по длине трубопровода

- потери напора по длине (расшифровать все величины, входящие в уравнение);
- местные гидравлические сопротивления, потери напора на местных гидравлических сопротивлениях;
- порядок определения коэффициента трения;
- принцип сложения потерь напора (расшифровать все величины, входящие в уравнение);

5. Дроссельные расходомеры:

- виды дроссельных расходомеров;
- способы измерения расхода;
- коэффициент расхода дроссельного расходомера, его определение в лабораторной работе;
- формула для определения расхода с помощью дроссельных расходомеров (расшифровать все величины, входящие в уравнение);

6. Изучение работы центробежного насоса

- устройство и принцип действия центробежного насоса;
- устройство и принцип действия многоступенчатого (многоколесный) центробежного насоса;
- какими параметрами характеризуется работа центробежного насоса?
- параллелограмм скоростей. Основное уравнение центробежного насоса.
- напор насоса. Способы его определения;
- характеристики центробежного насоса;
- назовите основные элементы насосной установки.
- параллельное и последовательное соединение насосов;

7. Изучение работы поршневого насоса

- устройство и принцип действия насоса простого действия;
- устройство и принцип действия насоса двойного действия;
- подача поршневых насосов;
- графики подачи;
- индикаторная диаграмма поршневого насоса;

8. Изучение работы вихревого насоса

- устройство и принцип действия вихревого насоса;
- какими параметрами характеризуется работа насоса;
- напор насоса. Способы его определения;
- характеристики вихревого насоса;
- назовите основные элементы насосной установки.

Раздел (тема) 3 Гидромеханические процессы и аппараты

- УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных

и технологических знаний.

ИОПК-4.1 знать основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования

ИОПК-4.2 уметь рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи

ИОПК-4.3 владеть навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы

Вопросы:

1. Изучение гидродинамики псевдооживленного слоя зернистого материала:

- процессы в псевдооживленном слое;
- порозность зернистого материала;
- условия перехода неподвижного слоя во взвешенное состояние;
- скорость начала псевдооживления;
- кривая псевдооживления;
- устройство экспериментальной установки и методика проведения эксперимента;
- обработка результатов эксперимента;

2. Исследование процесса механического перемешивания:

- интенсивность и эффективность процессов перемешивания;
- способы перемешивания;
- типы мешалок и их характеристики;
- критерии подобия, используемые при моделировании процессов перемешивания;
- определение мощности перемешивания;
- устройство экспериментальной установки для исследования процесса перемешивания;
- методика проведения эксперимента;
- обработка экспериментальных данных;
- анализ полученных результатов;

3. Исследование процесса фильтрации:

- определение фильтрации как процесса. Основное уравнение фильтрации.
- скорость фильтрации. Факторы, влияющие на скорость процесса;
- режимы фильтрации. Уравнение фильтрации.
- классификация осадков. Сопротивление осадка, характеризующие его величины;
- график процесса фильтрации. Определение констант фильтрации;
- способы создания движущей силы фильтрации. Примеры конструкций;

- фильтровальные перегородки. Сопротивление фильтровальной перегородки;
- способы удаления осадка с поверхности фильтра;
- классификация фильтров. Конструкция фильтров, области их применения.

Раздел (тема) 4 Тепловые процессы и аппараты

- УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.

ИОПК-4.1 знать основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования

ИОПК-4.2 уметь рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи

ИОПК-4.3 владеть навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы

Вопросы:

1. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в кожухотрубчатом рекуперативном теплообменнике

- методика проведения лабораторной работы;
- способы передачи тепла;
- основное уравнение теплопередачи;
- уравнение теплового баланса, движущая сила процесса, коэффициент теплоотдачи;
- конструкции теплообменных аппаратов;
- методы интенсификации тепловых процессов

2. Испытание различных конструкций теплообменников

- коэффициент теплопередачи, его физический смысл;
- какие факторы и параметры теплообменных аппаратов влияют на величину коэффициента теплопередачи;
- в чем заключается преимущество противоточной схемы по сравнению с прямоточной; - может ли температура горячего теплоносителя на выходе из теплообменника быть меньше температуры холодного теплоносителя на выходе из теплообменника;

Раздел (тема) 5 Массообменные процессы и аппараты

- УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности;

ИОПК-2.1 знать основные математические методы решения широкого круга задач, связанных с проектированием и режимами работы оборудования; основные источники научно-технической информации

ИОПК 2.2 уметь правильно и технически грамотно поставить, и математически грамотно пояснить и решить конкретную задачу в рассматриваемой области; применять современные средства и методы моделирования

ИОПК-2.3 владеть методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

- ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний.

ИОПК-4.1 знать основные принципы проектирования технологических процессов; способы совершенствования технологий на основе эффективного использования материалов и оборудования

ИОПК-4.2 уметь рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи

ИОПК-4.3 владеть навыками расчета и проектирования оборудования для разделения неоднородных систем; аппаратов для проведения массообменных процессов; проектирования теплообменного оборудования, методами оптимизации технологических параметров и режима работы

Вопросы:

1. Изучение процесса абсорбции в насадочной колонне:

- назначение процесса абсорбции;
- противоточная и прямоточная схемы абсорбции;
- равновесие между фазами. Закон Генри. Константа фазового равновесия;
- материальный баланс процесс. Линии рабочих и равновесных концентраций;
- минимальный и оптимальный расход абсорбента;
- уравнение массопередачи процесса абсорбции;
- движущая сила процесса;
- коэффициенты массопередачи и массоотдачи процесса абсорбции; Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи;
- устройство насадочного абсорбера. Виды насадок и их характеристики;

2. Изучение процесса адсорбции

- что такое адсорбция;
- какие факторы влияют на процесс адсорбции газов (жидкостей) твердыми адсорбентами;
- что такое изотерма адсорбции;
- какие уравнения описывают адсорбцию на твердой поверхности;
- как экспериментально определяется адсорбция на твердом адсорбенте;

- способы определения постоянных в уравнениях Фрейндлиха и Ленгмюра;

3. Разделение бинарных смесей в ректификационной установке

- определение процесса ректификации;
- принципиальные схемы ректификационных установок;
- движущая сила процесса ректификации, средняя движущая сила;
- какие смеси называют азеотропными или нераздельнокипящими;
- материальный баланс процесса ректификации и уравнение линий рабочих концентраций;
- диаграмма равновесия жидкость-пар;
- как определяется рабочее флегмовое число и как его значение влияет на энергетические затраты и конструкционные размеры колонны;
- принцип действия ректификационной колонны? Контактные устройства;

4. Исследование гидродинамики тарельчатых и насадочных колонн

- общее устройство тарельчатых и насадочных колонн и их основные элементы;
- режим работы тарелок с переливными устройствами;
- режим работы тарелок без переливных устройств;
- Классификация тарелок;
- гидравлическое сопротивление тарельчатых колонн, способы его расчета;
- конструкции колпачковых, ситчатых, щелевых, клапанных и S-образных тарелок;
- типы насадок и их краткая характеристика;
- роль насадки в различных режимах работы насадочных колонн;
- режим работы насадочных колонн;
- скорость эмульгирования, захлебывания, рабочая скорость газа.
- гидравлическое сопротивление насадочных колонн в режиме эмульгирования;
- зависимость гидравлического сопротивления насадочных колонн от различных факторов (расхода жидкости и газа и т.д.);
- способы загрузки насадки в колонну;
- перераспределительные устройства в насадочных колоннах и их значение;
- методика снятия данных в работе и их обработка;
- анализ гидродинамических режимов работы насадочной колонны с точки зрения массопередачи;
- сравнительная характеристика тарельчатых и насадочных колонн с точки зрения гидравлического сопротивления.

При защите лабораторных работ может использоваться метод выявления и оценки уровня учебных достижений обучающихся, осуществляемый посредством стандартизированных материалов - тестовых заданий, может проводиться

в форме электронного тестирования с использованием компьютеров и программно-аппаратных средств.

Тестовые задания варьируются по элементам содержания учебной дисциплины. Подстановка или выбор правильного ответа вместо неизвестного компонента превращает задание в истинное высказывание, подстановка или выбор неправильного ответа приводит к образованию ложного высказывания, что свидетельствует о незнании студентом данного учебного материала. Время выполнения тестовых заданий прописывается в содержательной части также устанавливается диапазон баллов, которые необходимо набрать для того, чтобы получить удовлетворительную или неудовлетворительную оценки.

Оценка "Зачтено" выставляется студенту, который показал глубокие систематизированные знания, грамотно использует учебный материал для обоснования выводов, грамотно и лаконично ответил на все поставленные вопросы.

Оценка "Не зачтено" выставляется студенту, который не может ответить на вопросы, предложенные преподавателем, не может сформулировать определения понятий, не ориентируется в учебном материале.

Вопросы для экзамена (тема I-IV)

Типовые вопросы:

- 1) Классификация основных процессов.
- 2) Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы.
- 3) Гидравлика. Гидростатическое давление и его основные свойства. Свойства основные физические свойства жидкостей.
- 4) Основное уравнение гидростатики. Поверхности равного давления. Закон Паскаля.
- 5) Сила давления на плоскую стенку. Гидростатический парадокс.
- 6) Уравнение расхода жидкости в трубопроводах и каналах. Уравнение неразрывности. Численные значения оптимальных скоростей жидкостей и газов.
- 7) Режимы движения жидкостей и газов в трубопроводах и каналах.
- 8) Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Физический смысл.
- 9) Дроссельные расходомеры. Принцип работы.
- 10) Потери напора по длине. Порядок определения коэффициента трения.
- 11) Истечение жидкости через отверстия и насадки. Расчет скорости истечения при постоянном напоре.
- 12) Основные уравнения для расчета трубопроводов. характеристика трубопровода. Понятие гидравлического уклона.
- 13) Основные параметры насосов. Напор, развиваемый насосом. Способы его определения. Полезная мощность. Мощность на валу насоса. КПД. Высота всасывания центробежных насосов.

14) Принцип работы центробежного насоса. Движение жидкости в рабочем колесе центробежного насоса. Параллелограмм скоростей. Основное уравнение центробежного насоса. Законы пропорциональности центробежного насоса.

15) Подбор насоса, работающих на сеть. Параллельное соединение центробежных насосов. Рабочая точка. Последовательное соединение центробежных насосов. Рабочая точка.

16) Поршневой насос простого действия. Средняя объемная подача. Поршневой насос двойного действия. Средняя объемная подача. Индикаторная диаграмма поршневого насоса.

17) Насосы других типов (шестеренчатые насосы, винтовые насосы, пластинчатые насосы).

18) Классификация неоднородных систем. Закономерности осаждения частиц в поле силы тяжести. Расчет скорости осаждения частиц в поле силы тяжести.

19) Расчет отстойников (пылеосадительных камер).

20) Закономерности осаждения частиц в поле центробежных сил. Фактор разделения. Расчет производительности отстойных центрифуг.

21) Очистка газов от пыли. Разделение неоднородных систем в циклонах.

22) Фильтрация. Общие сведения. Основное уравнение фильтрации. Фильтрация при постоянном перепаде давления. Фильтрация при постоянной скорости.

23) Определение констант фильтрации. Аппараты для фильтрации.

24) Эффективность и интенсивность перемешивания. Способы перемешивания. Устройство мешалок. Расчет мощности, затрачиваемой на перемешивание.

25) Гидравлическое и пневматическое перемешивание.

26) Применение зернистых материалов. Состояния зернистого слоя. Характеристики зернистого слоя.

27) Псевдооживление. Кривая псевдооживления.

28) Теплообмен. Общие понятия. Три способа распространения тепла.

29) Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи.

30) Средняя разность температур. Уравнение теплового баланса. Нагревание, охлаждение, конденсация.

31) Расчет коэффициента теплоотдачи и теплопередачи.

32) Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов (порядок расчета).

33) Сложный теплообмен.

34) Выпаривание. Общие сведения. Однократное выпаривание. Материальный и тепловой балансы.

35) Полезная разность температур. Температурные депрессии.

36) Многократное выпаривание. Материальный и тепловой балансы. Распределение полезной разности температур по корпусам.

Шифр и содержание компетенции	Номера вопросов (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1,2,12,28
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-36
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	15,19,21,24,32

Критерии оценки:

- владение терминологией дисциплины;
- умение грамотно интерпретировать теоретический материал, давать пояснения (примеры), использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.);
- грамотная, лаконичная, доступная и понятная речь и др.

Оценочная шкала

Оценка **"Отлично"** выставляется, если студент проявил всесторонние и глубокие знания материала по учебной дисциплине, умеет связывать теорию с практикой (приводить примеры).

Оценка **"Хорошо"** выставляется студенту ответ, которого содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.

Оценка **"Удовлетворительно"** выставляется, если студент, отвечая на вопрос, показал поверхностные знания материала, усвоивший программный материал в объеме, необходимым для дальнейшей учебы.

Оценка **"Неудовлетворительно"** выставляется, если студент, имеет существенные пробелы в знании основного материала по программе, допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

Вопросы для экзамена (тема V-VII).

1. Общие признаки массообменных процессов. Основные массообменные процессы.
2. Способы выражения состава фаз.
3. Равновесие при массопередаче. Правило фаз. Основные законы фазового равновесия. Линия равновесия.
4. Материальный баланс массообменного процесса. Графическое изображение процессов массообмена.
5. Механизм процессов массопереноса. Направление массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи.
6. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
7. Диффузия. Дифференциальные уравнения диффузии. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
8. Основное уравнение массопередачи.
9. Определение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
10. Средняя движущая сила массообменного процесса и число единиц переноса. Модифицированное уравнение массопередачи.
11. Число теоретических тарелок.
12. Процесс абсорбции. Равновесие в процессах абсорбции.
13. Материальный баланс и тепловой балансы процесса абсорбции. Кинетические закономерности процесса абсорбции.
14. Принципиальные схемы абсорбции. Определение расхода абсорбента.
15. Устройство абсорбционных аппаратов. Расчет абсорберов.
16. Десорбция.
17. Перегонка жидкостей. Общие сведения.
18. Общие сведения о процессе ректификации. Фазовое равновесие в системе жидкость – пар.
19. Принцип ректификации. Схема ректификационной установки непрерывного действия.
20. Материальный баланс ректификации. Рабочие линии. Построение рабочих линий на диаграмме $y-x$.
21. Флегмовое число. Минимальное и оптимальное флегмовое число.
22. Тепловой баланс процесса ректификации.
23. Расчет диаметра и высоты колонн (ректификационных и адсорбционных).
24. Массопередача с твердой фазой.
25. Процесс экстракции в системах твердое тело - жидкость. Равновесие и кинетика выщелачивания.
26. Способы растворения и выщелачивания.
27. Треугольная и прямоугольная диаграммы процесса экстракции. Правило рычага.
28. Устройство и расчет экстракционных аппаратов.
29. Адсорбция. Общие сведения. Характеристика адсорбентов и их виды.

30. Равновесие при адсорбции.
31. Устройство адсорберов и схемы адсорбционных установок.
32. Сушка. Общие сведения.
33. Основные параметры влажного воздуха. $I-x$ диаграмма.
34. Равновесие при сушке. Скорость процесса.
35. Материальный и тепловой баланс сушки.
36. Устройство сушилок.
37. Классификация биореакторов. Конструкция и принцип работы биохимических реакторов.
38. Методика технологического расчета биореактора.

Шифр и содержание компетенции	Номера вопросов (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1,10,18,
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-38
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	14,23,28,31,37

Критерии оценки:

- владение терминологией дисциплины;
- умение грамотно интерпретировать теоретический материал, давать пояснения (примеры), использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.);
- грамотная, лаконичная, доступная и понятная речь и др.

Оценочная шкала

Оценка "**Отлично**" выставляется, если студент проявил всесторонние и глубокие знания материала по учебной дисциплине, умеет связывать теорию с практикой (приводить примеры).

Оценка "**Хорошо**" выставляется студенту ответ, которого содержит в целом

правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала. Оценка "**Удовлетворительно**" выставляется, если студент, отвечая на вопрос, показал поверхностные знания материала, усвоивший программный материал в объеме, необходимым для дальнейшей учебы. Оценка "**Неудовлетворительно**" выставляется, если студент, имеет существенные пробелы в знании основного материала по программе, допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

Типовые задания (задачи) для экзамена (тема I-IV)

Типовые задания (задачи)⁴:

1. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба — $96 \times 3,5$ мм, внутренняя — 57×3 мм, расход воды $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, средняя температура воды 20°C .

2. Холодильник состоит из 13 труб диаметром 25×2 мм. В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 58×3 мм. Скорость воды в трубопроводе $1,5 \text{ м/с}$. Определить скорость воды в трубах холодильника.

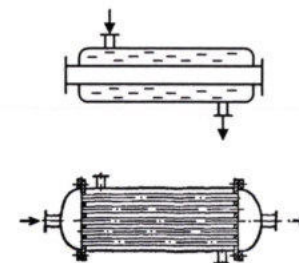
3. По стальному трубопроводу внутренним диаметром 250 мм, длиной 1000 м передается водород в количестве 180 кг/ч . Среднее давление в сети 1500 мм рт. ст. Температура газа 30°C . Определить потерю давления на трение, если коэффициент трения $\lambda = 0,03$.

4. Найти потерю давления на трение для пара в стальном паропроводе длиной 50 м, диаметром 108×4 мм. Скорость пара 25 м/с . Коэффициент трения $\lambda = 0,03$. Плотность пара $\rho = 3,104 \text{ кг/м}^3$.

5. По прямому горизонтальному трубопроводу длиной 145 м необходимо подавать 11 т/ч жидкости относительной плотности $0,9$. Допускаемая потеря напора 10 м. Определить требуемый диаметр трубопровода, принимая коэффициент трения $\lambda = 0,029$.

6. Жидкость относительной плотности $0,9$ поступает самотеком из напорного бака, в котором поддерживается атмосферное давление, в реактор. Давление в реакторе (по манометру) $p_{\text{изб}} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$. Высота уровня жидкости в напорном баке над местом ввода в реактор 10 м. Определить скорость движения жидкости по трубопроводу. Напор, теряемый на трение и местные сопротивления 3 м.

7. Центробежный насос перекачивает жидкость с относительной плотностью $0,92$, объемная подача насоса $70 \text{ м}^3/\text{час}$. Напор, преодолеваемый насосом $H = 35 \text{ м}$,



⁴ При оформлении типовых задач допускается выделять задачи по отдельным разделам (темам) дисциплины, а также задачи для различных форм и видов контроля.

общий КПД насоса 0,7. Определить необходимую мощность на валу насоса.

8. Привод вала кривошипа поршневого насоса двойного действия позволяет плавно изменять число оборотов вала кривошипа от 50 до 90 об/мин. Диаметр цилиндра насоса $\Phi = 200$ мм, ход поршня $l = 100$ мм, диаметр штока $\Phi = 50$ мм, объемный КПД насоса $\eta = 0,82$. В каких пределах будет изменяться объемная подача насоса?

9. Определить производительность поршневого насоса двойного действия при следующих данных:

- диаметр поршня – 300 мм
- диаметр штока – 50 мм
- радиус кривошипа – 100 мм
- число оборотов кривошипа – 60 об/мин.
- объемный К.П.Д. насоса – 0,85.

10. Определить расход жидкости через отверстие диаметром 20 мм, расположенное в дне резервуара. Высота уровня жидкости в резервуаре неизменна и равна 3 м. В расчетах использовать значение коэффициента расхода для отверстия ($\mu_p = 0,62$).

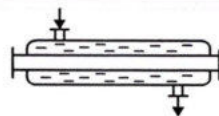
11. При движении воды по прямому горизонтальному трубопроводу длиной 40 м и диаметром 20 мм потеря напора составляет $h_n = 0,5$ м. Плотность воды – 1000 кг/м^3 , динамический коэффициент вязкости воды – $1 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.

Определить расход жидкости в трубопроводе. Режим движения – ламинарный.

12. Определить суммарный расход жидкости в параллельно работающих трубопроводах, если расход жидкости в первом равен $0,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Диаметры трубопроводов и коэффициенты трения λ – одинаковы. Длина первого трубопровода составляет 200 м, второго – 150 м.

13. Как изменится потеря напора по длине в трубопроводе, если его внутренний диаметр увеличить в два раза в условиях ламинарного режима движения при том же объемном расходе жидкости?

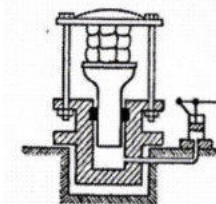
14. По кольцевому трубопроводу длиной 100 м движется 5 л/с жидкости с относительной плотностью 0,9. Определить потерю давления, если диаметры труб: наружной – 76×3 мм, внутренней – $38 \times 2,5$ мм. Коэффициент трения принять 0,025.



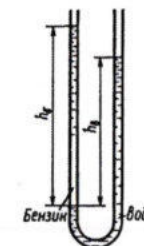
15. По горизонтальному стальному трубопроводу с незначительной коррозией с внутренним диаметром 200 мм и длиной 1000 м перекачивается жидкость с плотностью 950 кг/м^3 . Расход жидкости составляет $6 \text{ дм}^3/\text{с}$. Пренебрегая потерями напора на местных гидравлических сопротивлениях, определить потерю давления в трубопроводе.

16. Определить напор насоса, если давление в исходном резервуаре – атмосферное, давление в приемном резервуаре – 3 ат. Высота всасывания составляет 4 м, высота нагнетания – 15 м. Потери напора во всасывающей линии – 1,2 м, в нагнетательной – 1,8 м.

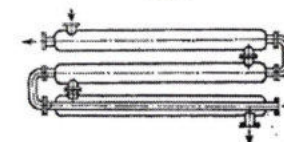
17. На малый поршень диаметром 50 мм ручного гидравлического пресса действует сила 625 Н. Пренебрегая потерями, определить силу, действующую на прессуемое тело, если диаметр большого поршня 250 мм.



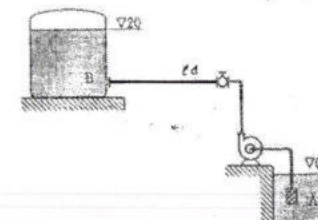
18. В U-образную трубку налиты вода и бензин. Определить плотность бензина, если $h_b = 500$ мм; $h_v = 350$ мм. Капиллярный эффект не учитывать.



19. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба – $96 \times 3,5$ мм, внутренняя – 57×3 мм, расход воды $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, средняя температура воды 20°C .

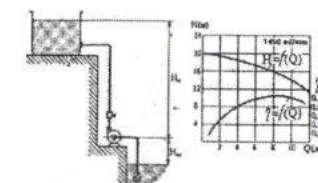


20. Центробежный насос перекачивает воду из бассейна А в резервуар В, в количестве $Q = 450 \text{ м}^3/\text{час}$ по трубопроводу длиной $l = 7$ км и диаметром $d = 300$ мм. Шероховатость стенок трубопровода $\Delta = 0,1$ мм. Требуется определить полезную мощность насоса, если учитываются только потери напора по длине. До какого значения следует изменить диаметр трубопровода, чтобы снизить расчетные потери в 2 раза? Сколько может потребоваться насосов, если напор одного не превышает 40 м водн. столба



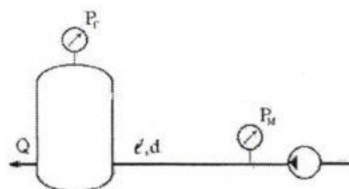
21. На рисунке изображены схема насосной установки и характеристики центробежного насоса $H = f(Q)$ и $\eta = f(Q)$.

Высота всасывания $H_{вс} = 5,6$ м, высоты нагнетания $H_n = 6,8$, общая длина трубопровода $l = 39$ м. Потери в местных гидравлических сопротивлениях выражены через эквивалентную длину трубопровода и составляют $l_{экв} = 0,05 l$. Коэффициент гидравлического трения в трубопроводе принять равным $\lambda = 0,026$.

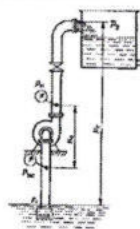


Требуется определить диаметр трубопровода (при условии, что $d_{вс} = d_n$), который обеспечивает максимальное использование подводимой к валу насоса мощности и рабочую точку насоса при условии, что вал насоса будет вращаться с частотой $n = 2000$ об/мин.

22. На нагнетательном патрубке насоса установлен манометр Рм. Подача жидкости в трубопроводе $Q = 0,45$ м³/час, длина трубопровода $l = 8$ м, диаметр трубопровода $d = 11,5$ мм, давление в гидроаккумуляторе равно $P_r = 23$ кГс/см². Считая трубопровод гидравлически гладким, определить показания манометра Рм. Насос перекачивает масло, плотность которого $\rho = 880$ кг/м³, коэффициент кинематической вязкости $\nu = 0,48 \cdot 10^{-4}$ м²/с.



23. Насос перекачивает жидкость плотностью 960 кг/м³ из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, давление в котором составляет $p_{наб} = 37$ кгс/см². Высота подъема 16 м. Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линий 65,6 м. Определить полный напор, развиваемый насосом.



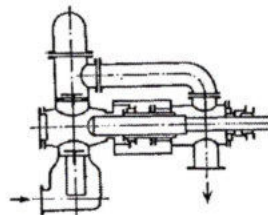
24. При испытании центробежного насоса получены следующие данные:

Q , дм³/мин 0 100 200 300 400 500

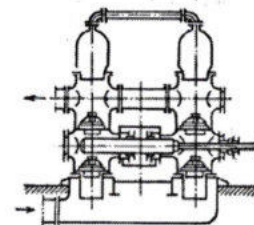
H , м 37,4 38,2 37,6 34,5 32,8 28,5

Сколько жидкости будет подавать этот насос по трубопроводу диаметром 76x4 мм, длиной 355 м (собственная длина плюс эквивалентная длина местных сопротивлений) при геометрической высоте подачи 4,8 м? Коэффициент трения $\lambda = 0,03$; $\Delta p_{доп} = 0$. (Построить характеристики насоса и трубопровода и найти рабочую точку.)

25. Определить производительность дифференциального поршня насоса, который имеет больший диаметр ступенчатого плунжера 340 мм, меньший - 240 мм. Ход плунжера 480 мм, частота вращения 60 об/мин. Коэффициент подачи 0,85. Определить также количество жидкости, подаваемой каждой стороной ступенчатого плунжера



26. Поршневой насос двойного действия. Заполняет бак диаметром 3 м и высотой 2,6 м за 26,5 мин. Диаметр плунжера насоса 180 мм, диаметр штока 50 мм, радиус кривошипа 145 мм. Частота вращения 55 об/мин. Определить коэффициент подачи насоса.



27. Определить тепловую нагрузку и расход охлаждающей воды в холодильнике для метилового спирта. Количество метилового спирта $G = 10\,000$ кг/ч, его начальная температура $t_1^n = 60$ °С, конечная температура $t_1^k = 30$ °С, удельная теплоемкость $c = 2680$ Дж/(кг·К). Начальная температура охлаждающей воды $t_2^n = 25$ °С, конечная $t_2^k = 40$ °С, удельная теплоемкость воды $c = 4190$ Дж/(кг·К). Потери тепла в окружающую среду пренебречь.

28. В теплообменнике нагревается для 10%-ного раствора NaOH. Для нагревания используется греющий пар. Определить тепловую нагрузку и расход пара, если количество раствора $G = 20\,000$ кг/ч, его начальная температура $t^n = 70$ °С, конечная $t^k = 110$ °С, удельная теплоемкость раствора $c = 3860$ Дж/(кг·К). Теплота испарения водяного пара (при 3 ат) $r = 2170 \cdot 10^3$ Дж/кг. Потери тепла пренебречь.

29. Определить требуемую поверхность и расход воды в дефлегматоре ректификационной колонны для разделения бензольно-толуольной смеси при следующих условиях; количество верхнего продукта 1080 кг/ч; тангенс угла наклона 0,8; начальная и конечная температуры охлаждающей воды 20 и 45 °С; коэффициент теплопередачи 700 Вт/(м²К). Считать верхний продукт за чистый бензол. Давление в колонне атмосферное.

30. До какой температуры будут нагреты, глухим паром 2,2 т раствора хлористого кальция, если расход греющего пара ($p_{абс} = 2$ ат) за 2,8 ч составил 260 кг, а расход теплоты на нагрев аппарата и потери теплоты в окружающую среду составляют в среднем 2030 Вт? Начальная температура раствора 12 °С. Удельная теплоемкость раствора $2,5 \times 10^3$ Дж/(кг·К).

31. В трубном пространстве теплообменника нагревается бензол. Внутренний диаметр труб 21 мм, длина труб 4 м. Скорость толуола 0,365 м/с. Средняя температура бензола 40 °С. Температура поверхности стенки, соприкасающейся с бензолом, 60 °С. Определить коэффициент теплоотдачи бензола.

32. На выпаривание поступает $G = 20\,000$ кг/ч раствора NaOH концентрацией $x_n = 8$ мас. %. Конечная концентрация раствора $x_k = 40$ мас. %. Определить количество выпаренной воды и упаренного раствора.

33. На выпаривание поступает $G_1 = 40\,000$ кг/ч раствора концентрацией $x_n = 8$ % мас. Количество выпаренной воды $W = 18\,000$ кг/ч. Определить концентрацию и количество упаренного раствора.

34. В выпарной аппарат поступает 1,8 т/ч 10% раствора, который упаривается под атмосферным давлением до конечной концентрации 36% (масс.).

Разбавленный раствор поступает на выпарку с температурой 15 °С. Упаренный раствор выводится из аппарата при 105 °С. Удельная теплоемкость разбавленного раствора 3860 Дж/(кгК). Расход греющего насыщенного водяного пара с избыточным давлением $p_{изб} = 2 \text{ кгс/см}^2$ составляет 1600 кг/ч. Влажность греющего пара 2%. Определить потерю теплоты в окружающую среду.

35. В вакуум-выпарной аппарат (рис.) поступает 10 т/ч 10% водного раствора азотнокислого аммония при температуре 74 °С. Концентрация упаренного раствора 40%. Абсолютное давление в среднем слое кипящего раствора $p_{ср} = 0,4 \text{ кгс/см}^2$. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара 1 кгс/см². Принять $\Delta t_{г-ф} = 6,1 \text{ К}$. Коэффициент теплопередачи 950 Вт/(м²К). Потери теплоты составляют 3% от суммы ($Q_{наг} + Q_{исп}$). Определить площадь поверхности нагрева выпарного аппарата.

36. В трехкорпусной выпарной батарее, работающей по прямоточной схеме (см. рис.), подвергается упариванию 1800 кг/ч водного раствора с начальной концентрацией 10% (масс.) до конечной концентрации 45% (масс.). Вычислить концентрации раствора по корпусам, если известно, что в каждом следующем корпусе выпаривается воды на 10% больше, чем в предыдущем.

Шифр и содержание компетенции	Номера вопросов (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1-5
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-36
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	12,21,28,32,36

Критерии оценки:

- умение составить алгоритм решения задачи; умение использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.); умение применить теоретические знания по

дисциплине для решения поставленной задачи; грамотное, лаконичное, последовательное изложение решения задачи в соответствии с принятым алгоритмом и пр.; нахождение правильного решения (ответа) задачи.

Оценка "Зачтено" выставляется, если студент без ошибок выполнил расчеты, показал грамотное использование теоретических знаний по дисциплине для решения поставленной задачи.

Оценка "Не зачтено" выставляется студенту, если при решении задачи были допущены существенные ошибки.

Типовые задания (задачи) для экзамена (тема V-VII)

1. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с 30% (мол.) легколетучего компонента. Концентрация дистиллята 97% (мол.), концентрация кубового остатка 3% (мол.) легколетучего компонента. В дефлегматор поступает 900 кмоль/ч пара, в колонну из дефлегматора поступает 700 кмоль/ч флегмы. Сколько получается кубового остатка?

2. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает 2000 кмоль/ч смеси (пентан – гексан), содержащей 40% (мол.) пентана и 60% (мол.) гексана. Верхний продукт содержит 97% (мол.) пентана, нижний – 96% (мол.) гексана. Определить количество верхнего и нижнего продуктов, а также количество пара, конденсирующегося в дефлегматоре, если известно, что тангенс угла наклона рабочей линии верхней (укрепляющей) части колонны равняется 0,76.

3. Из ректификационной колонны выходит 400 кмоль/ч дистиллята с содержанием 98 % (мол.) легколетучего компонента и 500 кмоль/ч кубового остатка с содержанием 96 % (мол.) высококипящего компонента, Число флегмы 3,0. Определить: а) мольный процент легколетучего компонента в исходной смеси; б) количество пара, поступающего из колонны в дефлегматор.

4. В ректификационной колонне непрерывного действия $x_D = 96\%$ (мол.), $x_F = 40\%$ (мол.), $x_W = 3\%$ (мол.), $R = 7$. Определить состав пара, приходящегося на тарелку, где жидкость содержит 70 % (мол.) легколетучего компонента.

5. В ректификационную колонну поступает 500 кмоль/ч смеси, состоящей из 40% (мол.) метилового спирта и 60% (мол.) воды. Уравнение рабочей линии верхней (укрепляющей) части колонны: $y = 0,75x + 0,3$. Кубового остатка получается 280 кмоль/ч. Определить: а) мольный процент метилового спирта в кубовом остатке; б) количество пара, поступающего из колонны в дефлегматор.

6. Определить скорость осаждения в воде при 25 °С ($\mu = 0,9 \text{ мПа*с}$) шарообразных частиц угля ($\rho_s = 1600 \text{ кг/м}^3$), имеющих диаметр 2 мм.

Использовать критериальные уравнения:

- для ламинарного режима $Re = Ar / 18$
- для переходного режима $Re = 0,152 * Ar^{0,715}$
- для турбулентного режима $Re = 1,74 \sqrt{Ar}$

Критерий Архимеда: $Ar = g d^3 \rho (\rho_s - \rho) / \mu^2$

7. В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная - 0,07 кг ам./кг

возд., конечная - 0,005 кг ам./кг возд. Концентрация аммиака в воде: начальная - 0, конечная - 0,04 кг ам./кг воды. Уравнение линии равновесия $Y^* = 0,8 X$. Определить среднюю движущую силу процесса абсорбции и ЧЕП.

8. В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная - 0,077 кг ам./кг возд., конечная - 0,004 кг ам./кг возд. Концентрация аммиака в воде: начальная - 0, конечная - 0,044 кг ам./кг воды. Уравнение линии равновесия $Y^* = 1,2 X$. Определить среднюю движущую силу процесса абсорбции и ЧЕП.

9. В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная - 0,06 кг ам./кг возд., конечная - 0,004 кг ам./кг возд. Концентрация аммиака в воде: начальная - 0, конечная - 0,04 кг ам./кг воды. Уравнение линии равновесия $Y^* = 0,9 X$. Определить среднюю движущую силу процесса абсорбции и ЧЕП.

10. В абсорбционном аппарате коэффициенты массоотдачи равны $\beta_y = 0,015 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль погл. в-ва}/\text{кмоль ин. газа})$, $\beta_x = 0,17 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль погл. в-ва}/\text{кмоль абсорбента})$. Уравнение равновесной линии $y^* = 17,4 x$. Определить коэффициенты массопередачи K_y и K_x .

11. В абсорбционном аппарате поглощается $M = 5 \text{ кмоль/ч}$ вещества. Поверхность массопередачи $S = 500 \text{ м}^2$. Коэффициент массопередачи $K_y = 0,0015 \text{ кмоль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль погл. в-ва}/\text{кмоль ин. газа})$. Определить среднюю движущую силу процесса $\Delta y_{\text{ср}}$.

12. В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с 22 % (мол) легколетучего компонента. Концентрация дистиллята 96 % (мол) концентрация кубового остатка 4 % (мол) легколетучего компонента. В дефлегматор поступает 980 кмоль/ч пара, в колонну из дефлегматора поступает 750 кмоль/ч флегмы. Сколько получается кубового остатка.

13. В ректификационной колонне непрерывного действия $x_D = 95 \%$ (мол), $x_F = 34 \%$ (мол), $x_W = 8 \%$ (мол), $R = 9$. Определить состав пара, приходящегося на тарелку, где жидкость содержит 68 % (мол) легколетучего компонента

14. В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная - 0,077 кг ам./кг возд., конечная - 0,004 кг ам./кг возд. Концентрация аммиака в воде: начальная - 0, конечная - 0,044 кг ам./кг воды.

Уравнение линии равновесия $Y^* = 1,2 X$. Определить среднюю движущую силу процесса абсорбции и ЧЕП

15. Пользуясь изотермой адсорбции бензола (рис. 9.2), определить скорость и высоту слоя активного угля при непрерывной адсорбции парогазовой смеси с начальной концентрацией $C_0 = 0,11 \text{ кг/м}^3$, скоростью прохождения смеси $\omega = 20 \text{ м/мин}$ и коэффициентом массоотдачи $\beta_y = 4 \text{ с}^{-1}$. Уголь в процессе адсорбции насыщается до 80% своей статической активности. Остаточная активность угля после десорбции составляет 14,5% от первоначальной статической активности. Парогазовая смесь должна быть очищена до концентрации не более $C_x = 0,01 \text{ кг/м}^3$.

16. Определить минимальную скорость движения цеолита типа NaA в колонном аппарате при глубокой осушке воздуха при следующих данных: $C_0 =$

$0,01 \text{ кг/м}^3$, $C_{\text{пр}} = 2,94 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$, $d_s = 0,002 \text{ м}$, $a_0 = 170 \text{ кг/м}^3$. Скорость газового потока, отнесенная к полному сечению аппарата 0,5 м/с.

17. Найти, температуру влажного материала в теоретической сушилке (в первом периоде сушки), если атмосферный воздух поступает в калорифер при $t_0 = 15 \text{ °C}$ и $\phi_0 = 0,8$ и нагревается в нем до $t = 123 \text{ °C}$.

18. Влажный материал с начальной влажностью 33%, критической 17% и равновесной 2%, высушивается при постоянных условиях сушки до 9% влажности в течение 8 ч. Определить продолжительность сушки до 3% влажности в тех же условиях. Влажность дана в процентах от массы абсолютно сухого вещества.

19. Найти точку росы и относительную влажность воздуха, выходящего из сушилки, по показаниями психрометра: $t = 50 \text{ °C}$, $t_m = 35 \text{ °C}$.

20. В теоретической сушилке производительностью 600 кг/ч абсолютно сухого материала высушивается материал от влажности 35 до 8% (считая на общую массу). Показания психрометра, установленного в помещении, из которого поступает воздух в калорифер: $t_0 = 18 \text{ °C}$, $t_m = 15 \text{ °C}$. Выходящий из сушилки воздух имеет $t_r = 40 \text{ °C}$ и $\phi_2 = 0,65$.

Определить расход греющего пара в калорифере и площадь поверхности нагрева, если давление пара $P_{\text{абс}} = 0,2 \text{ МПа}$ и коэффициент теплопередачи $K = 33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$.

21. В батарею из трех отстойников противоточного действия, объемом по 7 м^3 каждый, поступают 2 т раствора NaOH в 1 м^3 воды вместе с осадком CaCO_3 и отбираются 6 м^3 прозрачного концентрированного раствора на выпарку. С другой стороны, в батарею подается в качестве растворителя 6 м^3 чистой воды на 2000 кг NaOH. Осадок CaCO_3 при переходе со ступени и при удалении из батареи удерживает 1 м^3 раствора. Определить: а) количество NaOH в шламе; б) степень извлечения NaOH; в) процентное содержание NaOH в растворе, поступающем на выпарку.

22. Метилциклогексан экстрагируется анилином из 40% раствора его в гептане при 25 °C в экстракционной установке с возвратом части экстракта и рафината. Экстракт содержит 98% (масс.), а рафинат 1 % (масс.) метилциклогексана (исключая растворитель). Отношение количеств возврата экстракта и экстракта-продукта принять в 1,615 раз больше минимального. Определить число ступеней экстрагирования, состав и количество рафината, экстракта, возвратов и растворителя на 100 кг/ч исходной смеси.

23. Завод перерабатывает в сутки 10 т сульфида бария с соответствующим количеством соды и 35 т воды с целью получения карбоната бария и раствора сульфида натрия. Переработка ведется в пятиступенчатой противоточной батарее. Осадок карбоната бария во время процесса удерживает двойное (по массе) количество воды. В результате переработки получается 10% раствор сульфида натрия. Желатель-

Номера вопросов
(из представлен-
ного списка)

но добиться 98%-го извлечения сульфида натрия. Определить: а) потерю сульфида натрия в остатке; б) количество воды, которое необходимо добавить в качестве растворителя; в) концентрации в каждом сгустителе. Шифр и содержание компетенции	
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1-5
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-23
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	2,8,11,17,21

Критерии оценки:

- умение составить алгоритм решения задачи; умение использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.); умение применить теоретические знания по дисциплине для решения поставленной задачи; грамотное, лаконичное, последовательное изложение решения задачи в соответствии с принятым алгоритмом и пр.; нахождение правильного решения (ответа) задачи.

Оценка "Зачтено" выставляется, если студент без ошибок выполнил расчеты, показал грамотное использование теоретических знаний по дисциплине для решения поставленной задачи.

Оценка "Не зачтено" выставляется студенту, если при решении задачи были допущены существенные ошибки.

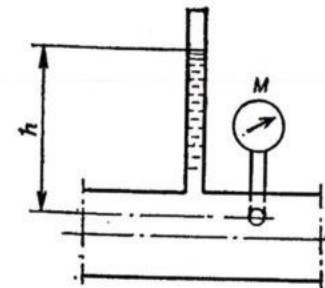
Типовые контрольные задания (задачи) для практических работ

1) Найти молярную массу и плотность водяного газа при $t=90^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{абс}} = 1,2 \text{ кгс/см}^2$. Состав водяного газа: $\text{H}_2 - 50 \%$, $\text{CO} - 40 \%$, $\text{N}_2 - 5 \%$, $\text{CO}_2 - 5 \%$ (по объему).

2) Определить плотность углекислого газа при $t=85^{\circ}\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 2 \text{ кгс/см}^2$. Атмосферное давление 760 мм. рт. столба

3) Разрежение в осушительной башне сернокислотного завода измеряется U – образным тягомером, наполненным серной кислотой плотностью 1800 кг/м³. Показание тягомера 3 см. Каково абсолютное давление в башне, выраженное в Па, если барометрическое давление составляет 750 мм рт. столба.

4) Манометр на трубопроводе, заполненном жидкостью, показывает давление 0,18 кгс/см². на какую высоту h над точкой присоединения манометра поднимается в открытом пьезометре жидкость, находящаяся в трубопроводе, если эта жидкость: а) вода, б) четыреххлористый углерод.



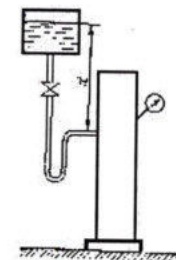
5) Найти динамический коэффициент вязкости при 200С и атмосферном давлении азотоводородной смеси, содержащей 75 % водорода и 25 % азота (по объему).

6) Известно, что динамический коэффициент вязкости льняного масла при 30⁰С равняется 0,331 П, а при 50⁰С 0,176 П. Чему будет равен динамический коэффициент вязкости этого масла при 90⁰С. (Воспользоваться правилом аддитивности, приняв за стандартную жидкость, например 100 % глицерин).

7) По прямому горизонтальному трубопроводу длиной 200 м необходимо подавать 9,6 м³/ч жидкости. Допускаемая потеря напора 10 м. Определить требуемый диаметр трубопровода, принимая коэффициент трения $\lambda = 0,025$.

8) Жидкость относительной плотности 0,88 поступает самотеком из напорного бака, в котором поддерживается атмосферное давление, в ректификационную колонну. Давление в колонне 0,25 кгс/см² по манометру. На какой высоте X должен находиться уровень жидкости в напорном баке над местом входа в колонну, чтобы скорость жидкости в трубе была 2,5 м/с.

Напор, теряемый на трение и местные сопротивления, 5 м. Применить уравнение Бернулли



9) Определить режим движения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба – 149х5 мм, внутренняя – 67х3мм, расход воды 4,2 м³/ч, средняя температура воды 25⁰С.



10) Центробежный насос имеет следующую паспортную характеристику:

Расход воды, м ³ /ч	11	13	19	25
Создаваемый напор, м	34	31	28	26

Сколько воды будет подавать этот насос, если поставить его на сеть:

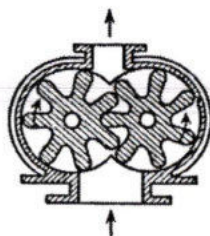
$$H_{\text{потр}} = 12,2 + 406726,8 \cdot Q^2$$

11) Центробежный насос, делающий 1200 об/мин, показал при испытании следующие данные:

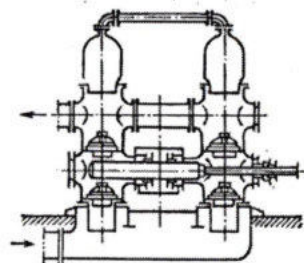
Расход воды, дм ³ /с	0	10,8	21,2	29,8	40,4	51,1
Создаваемый напор, м	23,5	25,8	35,4	22,1	17,3	11,9
Мощность, кВт	5,16	7,87	10,1	11,3	12,0	18,5

Перекачивался раствор относительной плотности 1,2. определить кпд насоса для каждой производительности и построить графическую характеристику насоса.

12) Определить коэффициент подачи шестеренчатого насоса, делающего 440 об/мин. Число зубьев на шестерне 12, ширина зуба 42 мм, окружность соседней шестерни 960 мм². насос подает 0,32 м³/мин.



13) Поршневой насос двойного действия подает 22,1 м³/ч жидкости. Частота вращения вала кривошипно-шатунного механизма 65 об/мин, диаметр плунжера 125 мм, диаметр штока 35 мм, радиус кривошипа 130 мм. Определить коэффициент подачи насоса.



14) В аппарат, работающий под давлением $P_{\text{абс}} = 0,4$ МПа, надо подавать насосом воду из открытого резервуара по трубопроводу с внутренним диаметром 72 мм. верхняя точка трубопровода выше уровня воды в резервуаре на 5 метров. Расчетная длина трубопровода (собственная плюс эквивалентная длина местных сопротивлений) 325 м. Коэффициент трения 0,032. Найти зависимость между расходом воды, протекающей по трубопроводу и потерей давления на преодоление всех сопротивлений трубопровода (найти уравнение характеристики сети).

15) С какой скоростью будут осаждаться шарообразные частицы кварца ($\rho = 2600$ кг/м³) диаметром 10 мкм; а) в воде при 15 °С; б) в воздухе при 15 и 500 °С?

16) Как изменится производительность отстойника, если температуру водной суспензии повысить с 15 до 50 °С? В обоих случаях $Re < 0,2$.

17) Подобрать циклон типа НИИОГАЗ (см. рис. 3.4 и табл. 3.1) по следующим данным: расход запыленного воздуха 5100 м³/ч (0 °С и 760 мм рт. ст.), температура воздуха 50 °С. Плотность пыли 1200 кг/м³. Частицы пыли имеют наименьший диаметр 15 мкм. Определить также гидравлическое сопротивление циклона.

18) Определить скорость осаждения в воде при 25 °С продолговатых частиц угля ($\rho = 1400$ кг/м³) и пластинчатых частиц сланца ($\rho = 2200$ кг/м³), имеющих эквивалентный диаметр 2 мм.

19) Для получения разбавленного раствора минеральная соль интенсивно размешивается с водой при 64 °С посредством лопастной мешалки. Какова частота вращения мешалки, если диаметр ее 0,5 м, а мощность, потребляемая электродвигателем, 0,8 кВт? Физические характеристики для разбавленного раствора принять такие же, как и для воды.

20) найти частоту вращения центрифуги, если известно, что высота барабана $H=0,5$ м. давление у стенок барабана должно быть 5 ат. Загружено 400 кг суспензии.

21) определить скорость воздуха, необходимую для начала образования взвешенного слоя частиц гранулированного алюмосиликагеля при следующих условиях: температура воздуха 1000С, плотность алюмосиликагеля (кажущаяся) $\rho = 968$ кг/м³, диаметр частиц 1,2 мм. каково будет гидравлическое сопротивление, если высота псевдооживленного слоя 400 мм?

22) Какой должна быть скорость воздуха в вертикальной трубе пневматической сушилки, чтобы обеспечить перемещение кристаллов плотностью 2000 кг/м³ с наибольшим диаметром 3 мм? температура воздуха 60⁰С. Скорость воз

23) Во сколько раз увеличится термическое сопротивление стенки стального змеевика, свернутого из трубы диаметром 38х2,5 мм, если покрыть ее слоем эмали толщиной 0,5 мм? Считать стенку плоской. Коэффициент теплопроводности эмали 1,05 Вт/(м.К).

24) Необходимо испарять 1600 кг/ч жидкости, кипящей при $t = 137^{\circ}\text{C}$ и поступающей в испаритель при этой температуре. Удельная теплота испарения жидкости $r = 377 \cdot 10^6$ Дж/кг. Температура греющего пара должна быть не ниже 150 °С. Определить расход греющего пара: а) сухого насыщенного, $p_{\text{изб}} = 4$

кгс/см² (~0,4 МПа); б) перегретого до 250 °С, $p_{изб} = 4$ кгс/см² (~0,4 МПа); в) перегретого до 250 °С, $p_{изб} = 3$ кгс/см² (~0,3 МПа). Удельная теплоемкость перегретого пара $2,14 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К).

25) Определить количество передаваемой теплоты в противоточном конденсаторе, в котором конденсируется 850 кг/ч пара сероуглерода под атмосферным давлением. Пар сероуглерода поступает в конденсатор с температурой 90 °С. Жидкий сероуглерод выхлестит из конденсатора при температуре на 8 °С ниже температуры конденсации. Удельная теплоемкость пара сероуглерода $0,67 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К).

25) Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника при охлаждении $0,85$ м³/ч сероуглерода от температуры кипения под атмосферным давлением до 22 °С. Охлаждающая вода нагревается от 14 до 25 °С; $\alpha_{с2} = 270$ Вт/(м²·К); $\alpha_{н20} = 720$ Вт/(м²·К). Толщина стальной стенки 3 мм. Учесть наличие загрязнений - ржавчины и накипи, приняв $\sum r_{загр} = 0,00069$ (м²·К)/Вт.

Определить также расход воды.

27) В кожухотрубчатом теплообменнике по трубам диаметром 46x3 мм проходит со скоростью 0,7 м/с вода, которая нагревается. Определить коэффициент теплоотдачи, если средняя температура поверхности стенки, соприкасающейся с водой, 90 °С, а средняя температура воды 46 °С.

28) Воздух атмосферного давления нагревается насыщенным водяным паром в кожухотрубчатом конденсаторе с трубками диаметром 25x2 мм. Средняя температура воздуха 60 °С. Сравнить коэффициенты теплопередачи для двух случаев: 1) воздух проходит по трубам со скоростью 10 м/с ($L/d > 50$), греющий пар конденсируется в межтрубном пространстве (рис. 4.22, а); 2) воздух проходит по межтрубному пространству, снабженному поперечными перегородками. Скорость воздуха в вырезе перегородки (в самом узком сечении пучка труб) 10 м/с (рис. 4.22, б), греющий пар конденсируется в трубах. Принять коэффициент теплоотдачи пара 11600 Вт/(м²·К).

29) В вертикальном кожухотрубчатом теплообменнике бензол прокачивается через трубы снизу вверх при охлаждении от 70 до 30 °С. Внутренний диаметр труб 21 мм, высота труб 4 м. Скорость бензола 0,05 м/с. Средняя температура поверхности загрязнения стенки со стороны бензола 30 °С. Определить коэффициент теплоотдачи от бензола к вертикальной поверхности стенки.

30) Требуется конденсировать 10 т/ч насыщенного пара н-гексана при 70 °С. Охлаждение конденсатора может быть осуществлено: а) водой, нагреваемой от 16 до 36 °С; б) воздухом, нагреваемым от 25 до 48 °С. Коэффициент теплоотдачи для конденсирующегося пара гексана в обоих случаях принять равным 1700 Вт/(м²·К). Коэффициенты теплоотдачи для воды и воздуха взять ориентировочно (средние значения) по табл. 4.7, для воды - при турбулентном течении по трубам, для воздуха - при поперечном обтекании труб. Жидкий гексан отводится при температуре конденсации. Термические сопротивления стенки и загрязнений не учитывать. Удельная теплота конденсации гексана $33,3 \cdot 10^4$ Дж/кг. Определить расходы воды и воздуха (в м³/ч) и требуемые поверхности теплообмена.

31) Сколько надо выпарить воды из 1500 кг раствора хлористого калия, чтобы изменить его концентрацию от 8 до 30% (масс.)?

32) В выпарной аппарат поступает 1,4 т/ч 9% раствора, который упаривается под атмосферным давлением до конечной концентрации 32% (масс.). Разбавленный раствор поступает на выпарку с температурой 18 °С. Упаренный раствор выводится из аппарата при 105 °С. Удельная теплоемкость разбавленного раствора 3800 Дж/(кг·К). Расход греющего насыщенного водяного пара с избыточным давлением $p_{изб} = 2$ кгс/см² составляет 1450 кг/ч. Влажность греющего пара 4,5%. Определить потерю теплоты в окружающую среду.

33) В непрерывно-действующий однокорпусной выпарной аппарат подается 12,5% раствор сернокислого аммония, который упаривается под атмосферным давлением до 30,6% (масс.). Концентрированный раствор выходит из аппарата в количестве 800 кг/ч. Разбавленный раствор, поступающий на выпарку, подогревается в теплообменнике вторичным паром от 24 до 80 °С. Остальное количество вторичного пара идет на обогрев других производственных аппаратов (рис. 5.4). Тепловые потери выпарного аппарата составляют 6% от полезно используемого количества теплоты, т. е. от суммы $(Q_{наг} + Q_{исп})$. Принять $\Delta t_{гс} = 1$ К.

Определить: а) расход греющего насыщенного водяного пара (с избыточным давлением $p_{изб} = 2$ кгс/см²), принимая его влажность 5%; б) количество вторичного пара, отбираемого на обогрев производственных аппаратов; в) требуемую площадь поверхности теплообмена (подогревателя), принимая величину коэффициента теплопередачи в нем $K = 700$ Вт/(м²·К).

34) 2200 кг/ч разбавленного водного раствора упариваются от 7 до 24% (масс.) под атмосферным давлением. Разбавленный раствор подается в выпарной аппарат при 19 °С. Температурная депрессия 3,5 К, гидростатическая 3,0 К, гидравлическая 1,0 К. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $p_{изб} = 2$ кгс/см². Коэффициент теплопередачи 1100 Вт/(м²·К). Определить требуемую поверхность теплообмена в аппарате и расход греющего пара, принимая потери теплоты в окружающую среду в размере 5% от суммы $(Q_{наг} + Q_{исп})$ и влажность греющего пара 5%.

35) В трехкорпусной выпарной батарее, работающей по прямоточной схеме (см. рис. 5.7), подвергается упариванию 1300 кг/ч водного раствора с начальной концентрацией 9% (масс.) до конечной концентрации 43% (масс.). Вычислить концентрации раствора по корпусам, если известно, что в каждом следующем корпусе выпаривается воды на 10% больше, чем в предыдущем.

36) В двухкорпусную выпарную установку, работающую по прямоточной схеме, поступает 1000 кг/ч водного раствора хлористого магния. Начальная концентрация раствора 8% (масс.). Концентрация раствора после первого корпуса 12% (масс.). Абсолютное давление над раствором в первом корпусе 1 кгс/см², во втором корпусе $0,3$ кгс/см². Конечная температура раствора после первого корпуса 104 °С, после второго 77 °С. Определить, до какой конечной концентрации упаривается раствор во втором корпусе, если обогрев второго корпуса осуществляется за счет вторичного пара первого корпуса (отбора экстра-пара нет). Тепловыми потерями пренебречь.

37) Состав жидкой смеси: хлороформа 20%, ацетона 40%, сероуглерода 40%. Проценты мольные. Определить плотность смеси, считая, что изменения объема при смешении не происходит.

38) Рассчитать коэффициенты молекулярной диффузии под атмосферным давлением: а) пара бензола в паре толуола при температуре 100 °С; б) пара этилового спирта в водяном паре при температуре 92 °С.

39) В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Расход воздуха составляет 10000 кг/ч. Концентрация аммиака в воздухе: начальная 0,06 кг аммиака/кг воздуха, конечная – 0,005 кг аммиака/кг воздуха. Расход воды равен 18000 кг/ч. Начальная концентрация аммиака в воде – 0. Определить конечную концентрацию аммиака в воде.

40) В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная 0,06 кг аммиака/кг воздуха, конечная – 0,005 кг аммиака/кг воздуха. Концентрация аммиака в воде начальная – 0, конечная 0,03 кг аммиака/кг воздуха. Определить удельный расход абсорбента.

41) В противоточном абсорбере аммиак поглощается водой из воздушно-аммиачной смеси. Концентрация аммиака в воздухе: начальная 0,06 кг аммиака/кг воздуха, конечная – 0,005 кг аммиака/кг воздуха. Концентрация аммиака в воде начальная – 0, конечная 0,03 кг аммиака/кг воздуха. Уравнение линии равновесия $Y=0,8X$. Определить среднюю движущую силу процесса абсорбции и ЧЕП.

42) Определить среднюю движущую силу и общее число единиц переноса $п_{оу}$ при поглощении из газа паров бензола маслом. Начальная концентрация бензола в газе 4%(об.); улавливается 80% бензола. Концентрация бензола в масле, вытекающем из скруббера, 0,02 кмоль бензола/кмоль чистого масла. Масло, поступающее в скруббер, бензола не содержит. Уравнение равновесной линии в относительных мольных концентрациях: $y^* = 0,126x$. Движущую силу выразить в единицах концентрации Y (кмоль бензола/кмоль инертного газа).

43) В скруббере поглощается водой диоксид серы из инертного газа (азота) под атмосферным давлением (760 мм рт. ст.). Начальное содержание диоксида серы в газе 5% (об.). Температура воды 20 °С, ее расход на 20% больше теоретически минимального. Извлекается из газа 90% SO_2 . Определить: 1) расход воды на поглощение 1000 кг/ч сернистого газа; 2) среднюю движущую силу процесса; 3) общее число единиц переноса $п_{оу}$. Линия равновесия может быть принята за прямую; координаты двух ее точек: 1) парциальное давление SO_2 в газовой фазе $p = 39$ мм рт. ст., $X = 0,007$ кг SO_2 /кг воды; 2) $p = 26$ мм рт. ст., $X = 0,005$ кг SO_2 /кг воды.

44) Определить равновесные составы жидкости и пара для смеси метилового спирта - вода при температуре 50 °С: а) под давлением 300 мм рт. ст., б) под давлением 500 мм рт. ст., считая, что смесь характеризуется законом Рауля.

45) В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с 24% (мол.) легколетучего компонента. Концентрация дистиллята 95% (мол.), концентрация кубового остатка 3% (мол.) легколетучего компонен-

та. В дефлегматор поступает 850 кмоль/ч пара, в колонну из дефлегматора поступает 670 кмоль/ч флегмы. Сколько получается кубового остатка?

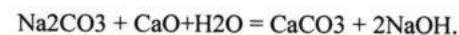
46) В ректификационную колонну непрерывного действия подается 1000 кмоль/ч смеси, содержащей 30% (мол.) пентана и 70% (мол.) гексана. Верхний продукт содержит 95% (мол.) пентана, нижний - 90% (мол.) гексана. Определить количество верхнего и нижнего продуктов (в кг/ч), а также количество пара, конденсирующегося в дефлегматоре, если известно, что тангенс угла наклона рабочей линии верхней (укрепляющей) части колонны равен 0,75.

47) Из ректификационной колонны выходит 1100 кг/ч дистиллята с содержанием 98,5% (масс.) легколетучего компонента и 3650 кг/ч кубового остатка с содержанием 96,6% (масс.) второго компонента. Число флегмы 2,94. Определить: а) массовый процент легколетучего компонента в питании колонны; б) количество пара (в кг/ч), поступающего из колонны в дефлегматор.

48) В ректификационной колонне непрерывного действия $x_D = 90\%$ (мол.), $x_F = 30\%$ (мол.), $x_W = 3\%$ (мол.), $R = 8$. Определить состав пара, приходящего на тарелку, где жидкость содержит: а) 75 и б) 15% (мол.) легколетучего компонента.

49) В ректификационную колонну поступает 700 кмоль/ч смеси, состоящей из 29% (моль.) метилового спирта и 71% (моль.) воды. Уравнение рабочей линии верхней (укрепляющей) части колонны: $y = 0,73x + 0,24$. Кубового остатка получается 480 кмоль/ч. Определить: а) мольный процент метилового спирта в кубовом остатке; б) количество пара, поступающего из колонны в дефлегматор.

50) В противоточной экстракционной батарее экстрагируется едкий натр из продуктов реакции



Поступающая в батарею смесь содержит воды 50% от массы осадка ($CaCO_3$). Из этой смеси в батарее извлекается 95% $NaOH$, причем получается 15% раствор. Сколько воды в качестве растворителя должно поступать в батарею и сколько ступеней должно быть в батарее, если из опытных данных известно, что осадок удерживает раствор в следующих количествах, зависящих от содержания в нем $NaOH$:

51) Определить производительность по высушенному материалу, поверхность нагрева калорифера и долю возвращаемого воздуха в теоретической сушилке с рециркуляцией части отработанного воздуха. Расход свежего атмосферного воздуха 6000 кг/ч, его энтальпия 50 кДж/кг, парциальное давление водяного пара в нем 12 мм рт. ст. Начальная влажность материала 40%, конечная 7% (на общую массу). Параметры воздушной смеси на входе в калорифер: $x = 0,034$; $t = 40$ °С. В калорифере воздух нагревается до 88 °С. Коэффициент теплопередачи в калорифере 47 Вт/(м²·К), Давление греющего водяного пара Ризб = 0,2 МПа.

53) Определить расход воздуха, расход греющего пара, требуемое его давление и поверхность калорифера для сушилки, производительность которой

равна 600 кг/ч влажного материала с начальной влажностью 50% и конечной 9% (считая на общую массу). Показания психрометра для воздуха, поступающего в калорифер, 10 и 5 °С. Воздух на выходе из сушилки имеет $t_2 = 50$ °С, $\phi_2 = 50\%$. Температуру греющего водяного пара принять на 15 °С выше температуры воздуха на выходе из калорифера. Влажность греющего водяного пара 6%. Расход теплоты на 10% больше расхода теплоты в теоретической сушилке. Коэффициент теплопередачи в калорифере 35 Вт/(м²·К).

54) Воздух с примесью аммиака пропускается через орошаемый водой скруббер, заполненный насадкой из колец с удельной поверхностью 89,5 м²/м³. Свободный объем насадки 0,79 м³/м³. Температура абсорбции 28 °С, абсолютное давление 1 кгс/см². Среднее содержание аммиака в газовой смеси 5,8% (об.). Массовая скорость газа, отнесенная к полному сечению скруббера, 1,1 кг/(м²·с). Определить коэффициент массоотдачи для газа, считая, что скруббер работает при пленочном режиме.

Типовые задачи для практических работ	Номера заданий
Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. - 12-е изд., стер. - М. : Альянс, 2005. - 575 с. (276 экз.)	Глава 1-10

Оценка "Зачтено" выставляется, если студент выполнил задания, предусмотренные рабочей программой, показал высокий уровень участия на практических занятиях.

Оценка "Не зачтено" выставляется, если студент показал низкий уровень подготовки и участия на практических занятиях, а также в случае пропуска занятий без уважительной причины.

Типовой вариант тестового задания для текущего (итогового) контроля по дисциплине⁵

Тема I-II

Время на ответ: 10 минут

Вариант 1

1. Для трубы круглого сечения площадь заполненной жидкостью гидравлический радиус вычисляется по формуле:

$$a) r_r = \frac{d}{4},$$

$$б) r_r = 4d,$$

$$в) r_r = \frac{\pi d^2}{4},$$

2. Критерий Фруда является

а) мерой отношения сил инерции и тяжести в потоке;

б) мерой отношения сил давления и инерции в потоке;

в) мерой отношения сил инерции и вязкости в движущемся потоке;

3 Сила избыточного гидростатического давления на дно сосуда определяется по формуле:

$$a) P = (P_0 + \rho gh)S,$$

$$б) P = \rho ghS,$$

$$в) P = P_0 + \rho ghS,$$

4. Зависимость потребного напора от объемного расхода жидкости называется:

а) характеристикой сети;

б) характеристикой трубопровода;

в) главной характеристикой насоса;

5. Потребляемая насосом мощность (кВт) рассчитывается по уравнению:

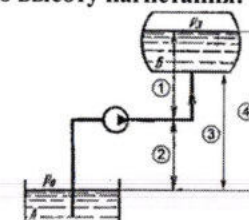
$$a) N = \frac{Q \cdot \Delta P}{1000\eta}, б) N = Q \cdot \Delta P \cdot \eta, в) N = \frac{Q \cdot \Delta P \cdot \eta}{1000},$$

6. Укажите на рисунке геометрическую высоту нагнетания:

а) 1;

б) 2;

в) 3;



⁵ При оформлении оценочных материалов в виде тестовых заданий допускается разделение заданий по видам контроля (тесты для текущего контроля и тесты для итогового контроля), по разделам дисциплины

**Типовой вариант тестового задания
для текущего (итогового) контроля по дисциплине⁶**

Тема IV

Время на ответ: 10 минут

Вариант 1

1. Какое из уравнений описывает тепловой баланс конденсатора?

- а) $G_1 \cdot c_1 \cdot (T_H - T_K) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_K - t_H)$,
- б) $G_1 \cdot r_1 = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_K - t_H)$,
- в) $G_1 \cdot r_1 = k \cdot F \cdot \Delta t_{CP}$,

2. Теплоноситель А при постоянном расходе охлаждается от температуры T_H до температуры T_K в противотоке теплоносителем Б с начальной температурой t_H и конечной t_K . Как изменится расход теплоносителя Б при переходе к прямоточной схеме, если температуры t_H и t_K сохраняют прежние значения?

- а) расход теплоносителя Б увеличится,
- б) расход теплоносителя Б уменьшится,
- в) расход теплоносителя не изменится,

3. В каком режиме кипения коэффициент теплопередачи возрастает с увеличением температурного напора?

- а) при пузырьковом режиме кипения,
- б) при пленочном режиме кипения,
- в) в обоих случаях,

4. Увеличение количества воды, выпаренной на 1 кг греющего пара, от первого корпуса прямоточной выпарной установки к последнему объясняется:

- а) снижением теплоты парообразования по корпусам,
- б) увеличением полезной разности температур по корпусам,
- в) снижением температуры кипения раствора по корпусам,

5. Что называется полезной разностью температур?

- а) разность между температурой греющего и температурой вторичного пара,
- б) разность между температурой греющего пара и температурой кипения раствора,
- в) разность между температурой кипения раствора и температурой вторичного пара,

⁶ При оформлении оценочных материалов в виде тестовых заданий допускается разделение заданий по видам контроля (тесты для текущего контроля и тесты для итогового контроля), по разделам дисциплины

**Типовой вариант тестового задания
для текущего (итогового) контроля по дисциплине⁷**

Тема V

Время на ответ: 10 минут

Вариант 1

1. Что называется относительной массовой концентрацией компонента?

- а) отношение массы компонента, содержащегося в смеси к общему объему смеси;
- б) отношение массы компонента, содержащегося в смеси к массе остальных компонентов смеси;
- в) отношение массы компонента, содержащегося в смеси к общей массе смеси;

2. Как влияет величина коэффициент массопередачи на высоту колонного аппарата?

- а) высота уменьшается с уменьшением K ; б) высота увеличивается с увеличением K ; в) влияние K на высоту отсутствует;

3. Число единиц переноса используется в расчетной практике:

- а) для определения коэффициента массопередачи;
- б) для определения средней движущей силы;
- в) для определения удельного расхода орошения;

4. В какой из нижезаписанных формул правильно записано уравнение массопередачи (по газовой фазе)?

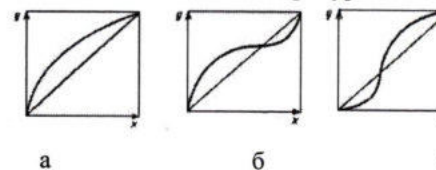
- а) $M = K_y \cdot \Delta y_{CP} \cdot F$, б) $M = K_x \cdot \Delta y_{CP} \cdot F$, в) $M = K_x \cdot \Delta x_{CP} \cdot F$,

5. Влажность воздуха определяется по формуле

$$x = \frac{0,622 \cdot p_H \cdot \varphi}{(B - \varphi \cdot p_H)}, \text{ что такое } p_H:$$

- а) парциальное давление водяного пара в воздухе при температуре сухого термометра, б) давление насыщенного водяного пара, в) общее давление газовой смеси,

6. На какой из диаграмм представлена кривая фазового равновесия азеотропной смеси с максимальной температурой кипения?



⁷ При оформлении оценочных материалов в виде тестовых заданий допускается разделение заданий по видам контроля (тесты для текущего контроля и тесты для итогового контроля), по разделам дисциплины

Шифр и содержание компетенции	Номера тестовых вариантов (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Тестовые задания Тема I, II, IV и V
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	

Критерии оценки:

- соблюдение времени, предоставленного для решения тестовых заданий;
- сложность тестовых заданий (при наличии заданий разной сложности);
- доля выполненных тестовых заданий за отведенное время.

Оценка "**Зачтено**" выставляется, если студент в течение отведенного времени правильно ответил на 4 поставленных вопроса.

Оценка "**Не зачтено**" выставляется студенту, если доля выполненных тестовых заданий за отведенное время составляет менее 4.

Типовые варианты задания для курсовых проектов

Типовые темы проектов (исходные данные) для курсовых работ (проектов)⁸:

1. ВЫПАРНАЯ УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ С РАВНЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ НАГРЕВА

Исходные данные к проекту:

Тип выпарного аппарата;
Количество корпусов;
Выпариваемый раствор;
Производительность установки;
Начальная концентрация раствора;
Конечная концентрация раствора;
Давление греющего пара;
Вакуум в барометрическом конденсаторе;
Отбора экстра пара *нет*

Описание требований к содержанию и оформлению разделов курсовой работы (проекта)⁹:

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Раздел 1 курсовой работы (проекта) должен содержать

Описание технологической схемы установки

Раздел 2 курсовой работы (проекта) должен содержать

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Раздел 3 курсовой работы (проекта) должен содержать

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Раздел 4 курсовой работы (проекта) должен содержать

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (А1), технологическая схема установки (А4)

⁸ Указываются примеры типовых заданий для курсовых работ (проектов), приводятся сведения о вариантах исходных данных.

⁹ Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

Типовые задания

№ Зад.	Выпариваемый раствор	Число корпусов	Тип вып. аппарата	Производительность установки по исп. раствору, $G_{\text{исп}}$, кг/ч	Начальная концентрация раствора, x_n , % мас.	Конечная концентрация раствора, x_k , % мас.	Давление греющего пара, $P_{\text{гр}}$, МПа	Вакуум в барометрическом конденсаторе, $B_{\text{кк}}$, МПа
B-1	Водный р-р КОН	2	Тип 1 исп. 2	22 000	5	35	0,9	0,080
B-2			Тип 2 исп. 2	25 000	6	37	0,8	0,078
B-3		2	Тип 2 исп. 2	19 500	5	32	0,8	0,079
B-4			Тип 1 исп. 3	18 900	6	33	0,9	0,081
B-5		3	Тип 1 исп. 2	24 000	6	31	0,9	0,077
B-6			Тип 2 исп. 2	24 500	7	30	1,0	0,078
B-7		3	Тип 2 исп. 1	26 000	5	34	1,0	0,079
B-8			Тип 1 исп. 3	25 200	7	38	0,9	0,080
B-9		3	Тип 1 исп. 3	26 000	7	37	1,0	0,078
B-10			Тип 2 исп. 2	24 600	5	32	1,0	0,079
B-11	Водный р-р NaOH	2	Тип 1 исп. 2	22 000	5	35	0,9	0,080
B-12			Тип 2 исп. 2	25 000	6	37	0,8	0,078
B-13		2	Тип 2 исп. 2	19 500	5	32	0,8	0,079
B-14			Тип 1 исп. 3	18 900	6	33	0,9	0,081
B-15		3	Тип 1 исп. 2	24 000	6	31	0,9	0,077
B-16			Тип 2 исп. 2	24 500	7	30	1,0	0,078
B-17		3	Тип 2 исп. 1	26 000	5	34	1,0	0,079
B-18			Тип 1 исп. 3	25 200	7	38	0,9	0,080
B-19		3	Тип 1 исп. 3	26 000	7	37	1,0	0,078
B-20			Тип 2 исп. 2	24 600	5	32	1,0	0,079
B-21	Водный р-р NaCl	2	Тип 1 исп. 2	22 000	5	35	0,9	0,080
B-22			Тип 2 исп. 2	25 000	6	37	0,8	0,078
B-23		2	Тип 2 исп. 2	19 500	5	32	0,8	0,077
B-24			Тип 1 исп. 3	18 900	6	33	0,8	0,078
B-25		3	Тип 1 исп. 2	24 000	6	31	0,9	0,079
B-26			Тип 2 исп. 2	24 500	7	30	0,9	0,080
B-27		3	Тип 2 исп. 1	26 000	5	34	1,0	0,078
B-28			Тип 1 исп. 3	25 200	7	38	1,0	0,079
B-29		3	Тип 1 исп. 3	26 000	7	37	0,9	0,080
B-30			Тип 2 исп. 2	24 600	5	32	1,0	0,078

2. РЕКТИФИКАЦИОННАЯ УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Исходные данные к проекту
 Разделяемая смесь
 Тип ректификационной колонны
 Производительность установки
 Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси
 Концентрация легколетучего компонента в дистилляте
 Концентрация легколетучего компонента в кубовом остатке
 Давление греющего пара
 Рабочее давление - атмосферное
 Температура исходной смеси – 20 °С

Описание требований к содержанию и оформлению разделов курсовой работы (проекта)¹⁰:

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Раздел 1 курсовой работы (проекта) должен содержать

Описание технологической схемы установки

Раздел 2 курсовой работы (проекта) должен содержать

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Раздел 3 курсовой работы (проекта) должен содержать

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Раздел 4 курсовой работы (проекта) должен содержать

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (А1), технологическая схема установки (А4)

¹⁰ Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

Типовые задания

№ Зад.	Разделяемая смесь	Тип ректификационной колонны	Производительность установки по исх. смеси, G_F , кг/ч	Концентрация легколетучего компонента в исходной смеси x_F , % мас.	Концентрация легколетучего компонента в дистилляте x_D , % мас.	Концентрация легколетучего компонента в кубовом остатке x_W , % мас.	Давление греющего пара $P_{г.г}$, МПа
P-1	Ацетон - Бензол	Тарельчатая	20 500	37	97,0	3,0	0,5
P-2		Насадочная	18 000	36	97,5	3,5	0,6
P-3		Тарельчатая	19 500	41	96,9	2,9	0,4
P-4		Насадочная	18 900	42	96,5	3,7	0,45
P-5		Тарельчатая	21 000	44	97,7	2,8	0,55
P-6	Ацетон - Дихлорэтан	Насадочная	18 500	43	97,2	3,3	0,55
P-7		Тарельчатая	20 500	37	97,0	3,0	0,5
P-8		Насадочная	18 000	36	97,5	3,5	0,6
P-9		Тарельчатая	19 500	41	96,9	2,9	0,4
P-10		Насадочная	18 900	42	96,5	3,7	0,45
P-11	Ацетон - Метиловый спирт	Тарельчатая	21 000	44	97,7	2,8	0,55
P-12		Насадочная	18 500	43	97,2	3,3	0,55
P-13		Тарельчатая	20 500	37	97,0	3,0	0,5
P-14		Насадочная	18 000	36	97,5	3,5	0,6
P-15		Тарельчатая	19 500	41	96,9	2,9	0,4
P-16	Ацетон - Уксусная кислота	Насадочная	18 900	42	96,5	3,7	0,45
P-17		Тарельчатая	21 000	44	97,7	2,8	0,55
P-18		Насадочная	18 500	43	97,2	3,3	0,55
P-19		Тарельчатая	20 500	37	97,0	3,0	0,5
P-20		Насадочная	18 000	36	97,5	3,5	0,6
P-21	Ацетон - Хлороформ	Тарельчатая	19 500	41	96,9	2,9	0,4
P-22		Насадочная	18 900	42	96,5	3,7	0,45
P-23		Тарельчатая	21 000	44	97,7	2,8	0,55
P-24		Насадочная	18 500	43	97,2	3,3	0,55
P-25		Тарельчатая	20 500	37	97,0	3,0	0,5
P-26		Насадочная	18 000	36	97,5	3,5	0,6
P-27		Тарельчатая	19 500	41	96,9	2,9	0,4
P-28		Насадочная	18 900	42	96,5	3,7	0,45
P-29		Тарельчатая	21 000	44	97,7	2,8	0,55
P-30		Насадочная	18 500	43	97,2	3,3	0,55

3. АБСОРБЦИОННАЯ УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Исходные данные к проекту

Разделяемая смесь

Производительность установки по исх. смеси

Абсорбент

Начальная концентрация поглощаемого компонента в газе

Конечная концентрация поглощаемого компонента в газе

Концентрация поглощаемого компонента в абсорбенте:

начальная 0

конечная определить

Удельный расход абсорбента

Рабочая температура процесса 20 °C

Регенерация абсорбента методом нет

Описание требований к содержанию и оформлению разделов курсовой работы (проекта)¹¹:

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Раздел 1 курсовой работы (проекта) должен содержать

Описание технологической схемы установки

Раздел 2 курсовой работы (проекта) должен содержать

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Раздел 3 курсовой работы (проекта) должен содержать

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Раздел 4 курсовой работы (проекта) должен содержать

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (A1), технологическая схема установки (A4)

¹¹ Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

Типовые задания

№ Зад.	Разделяемая смесь	Тип абсорбционной колонны	Производительность установки по исх. смеси, $G_{исх}$, кг/ч	Абсорбент	Начальная концентрация поглощаемого компонента в газе, y_1 , % об.	Конечная концентрация поглощаемого компонента в газе, y_2 , % об.	Удельный расход абсорбента, σ
A-1	NH_3 + воздух	Тарельчатая	7 500	Вода	7,2	0,30	1,2
A-2		Насадочная	7 000		7,3	0,28	1,25
A-3		Тарельчатая	7 600		7,1	0,31	1,3
A-4		Насадочная	7 900		6,9	0,32	1,18
A-5		Тарельчатая	8 000		7,0	0,29	1,22
A-6	SO_2 + воздух	Насадочная	7 200	Вода	7,4	0,27	1,26
A-7		Тарельчатая	7 500		7,2	0,30	1,2
A-8		Насадочная	7 000		7,3	0,28	1,25
A-9		Тарельчатая	7 600		7,1	0,31	1,3
A-10		Насадочная	7 900		6,9	0,32	1,18
A-11	пары метанола + воздух	Тарельчатая	8 000	Вода	7,0	0,29	1,22
A-12		Насадочная	7 200		7,4	0,27	1,26
A-13		Тарельчатая	7 500		7,2	0,30	1,2
A-14		Насадочная	7 000		7,3	0,28	1,25
A-15		Тарельчатая	7 600		7,1	0,31	1,3
A-16	пары бензола + воздух	Насадочная	7 900	Масло	6,9	0,32	1,18
A-17		Тарельчатая	8 000		7,0	0,29	1,22
A-18		Насадочная	7 200		7,4	0,27	1,26
A-19		Тарельчатая	7 500		7,2	0,30	1,2
A-20		Насадочная	7 000		7,3	0,28	1,25
A-21	CO_2 + воздух при $p=1,6$ МПа	Тарельчатая	7 600	Вода	7,1	0,31	1,3
A-22		Насадочная	7 900		6,9	0,32	1,18
A-23		Тарельчатая	8 000		7,0	0,29	1,22
A-24		Насадочная	7 200		7,4	0,27	1,26
A-25		Тарельчатая	7 500		7,2	0,30	1,2
A-26		Насадочная	7 000		7,3	0,28	1,25
A-27		Тарельчатая	7 600		7,1	0,31	1,3
A-28		Насадочная	7 900		6,9	0,32	1,18
A-29		Тарельчатая	8 000		7,0	0,29	1,22
A-30		Насадочная	7 200		7,4	0,27	1,26

4. АДСОРБЦИОННАЯ УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Исходные данные к проекту

Разделяемая смесь

Тип адсорбера

Производительность установки по исх. смеси

Адсорбент

Начальная концентрация поглощаемого компонента в газе

Конечная концентрация поглощаемого компонента в газе

Концентрация поглощаемого компонента в адсорбенте:

начальная 0

конечная определить

Рабочая температура процесса 20 °C

Регенерация адсорбента методом нет

Описание требований к содержанию и оформлению разделов курсовой работы (проекта)¹²:

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Раздел 1 курсовой работы (проекта) должен содержать

Описание технологической схемы установки

Раздел 2 курсовой работы (проекта) должен содержать

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Раздел 3 курсовой работы (проекта) должен содержать

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Раздел 4 курсовой работы (проекта) должен содержать

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (A1), технологическая схема установки (A4)

¹² Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

Типовые задания

№ Зад.	Разделяемая смесь	Адсорбент	Тип адсорбера	Производительность установки по исп. смеси, $G_{\text{исп}}$, кг/ч	Начальная концентрация поглощаемого компонента в газе, $y_{\text{г}}$, кг/м³	Конечная концентрация поглощаемого компонента в газе, $y_{\text{к}}$, кг/м³
АД-1	пары бензола + воздух	Активный уголь марки АР-А	Вертикальный	27000	0,035	0,0013
АД-2			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0012
АД-3			Кольцевой ВТР	31000	0,031	0,0011
АД-4			Вертикальный	27000	0,029	0,0010
АД-5			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0009
АД-6			Кольцевой ВТР	31000	0,030	0,0011
АД-7		Активный уголь марки СКТ	Вертикальный	27000	0,035	0,0013
АД-8			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0012
АД-9			Кольцевой ВТР	31000	0,031	0,0011
АД-10			Вертикальный	27000	0,029	0,0010
АД-11			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0009
АД-12			Кольцевой ВТР	31000	0,030	0,0011
АД-13	Пары бутана + воздух	Активный уголь марки АР-А	Вертикальный	27000	0,0095	0,0005
АД-14			Горизонтальный ВТР	29000	0,0097	0,0006
АД-15			Кольцевой ВТР	31000	0,0093	0,0007
АД-16			Вертикальный	27000	0,0095	0,0005
АД-17			Горизонтальный ВТР	29000	0,0091	0,0005
АД-18			Кольцевой ВТР	31000	0,0093	0,0007
АД-19		Активный уголь марки СКТ	Вертикальный	27000	0,0095	0,0005
АД-20			Горизонтальный ВТР	29000	0,0097	0,0006
АД-21			Кольцевой ВТР	31000	0,0093	0,0007
АД-22			Вертикальный	27000	0,0095	0,0005
АД-23			Горизонтальный ВТР	29000	0,0091	0,0005
АД-24			Кольцевой ВТР	31000	0,0093	0,0007
АД-25	Пары диэтилового эфира + воздух	Активный уголь марки АР-А	Вертикальный	27000	0,035	0,0013
АД-26			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0012
АД-27			Кольцевой ВТР	31000	0,031	0,0011
АД-28		Активный уголь марки АГ-3	Вертикальный	27000	0,029	0,0010
АД-29			Горизонтальный ВТР	29000	0,033	0,0009
АД-30			Кольцевой ВТР	31000	0,030	0,0011
АД-31		Активный уголь марки СКТ	Вертикальный	27000	0,033	0,0012
АД-32			Горизонтальный ВТР	29000	0,031	0,0011
АД-33			Кольцевой ВТР	31000	0,029	0,0010

5. ЭКСТРАКЦИОННАЯ УСТАНОВКА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Исходные данные к проекту

Разделяемая смесь

Тип экстрактора

Производительность по исходной смеси

Экстрагент

Состав исходной смеси

Концентрация распределяемого компонента в рафинате

Рабочее давление - атмосферное

Температура исходной смеси – 20 °С

Описание требований к содержанию и оформлению разделов курсовой работы (проекта)¹³:

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Раздел 1 курсовой работы (проекта) должен содержать

Описание технологической схемы установки

Раздел 2 курсовой работы (проекта) должен содержать

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Раздел 3 курсовой работы (проекта) должен содержать

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Раздел 4 курсовой работы (проекта) должен содержать

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (А1), технологическая схема установки (А4)

¹³ Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

№ Зад.	Разделяемая смесь	Тип экстрактора	Производительность установки по вхс. смеси, G, кг/ч	Экстрагент	Состав исходной смеси % мас.	Концентрация <i>ацетона</i> в рефinate <i>x_ж</i> , % мас.
Э-1	Ацетон - Вода	Распылительная колонна	5 500	Хлорбензол	35% ацетона+ 65% воды	5,0
Э-2			5 000			5,5
Э-3			4 500			4,9
Э-4			4 900			5,7
Э-5			5 300			4,8
Э-6			5 700			5,3
Э-7		Насадочная колонна	5 500		40% ацетона+ 60% воды	5,0
Э-8			5 000			5,5
Э-9			4 500			4,9
Э-10			4 900			5,7
Э-11			5 300			4,8
Э-12			5 700			5,3
Э-13		Колонна с ситчатыми тарелками	5 500		37% ацетона+ 63% воды	5,0
Э-14			5 000			5,5
Э-15			4 500			4,9
Э-16			4 900			5,7
Э-17			5 300			4,8
Э-18			5 700			5,3
Э-19		Распылительная колонна	6 500		38% ацетона+ 62% воды	5,0
Э-20			6 000			5,5
Э-21			6 500			4,9
Э-22			6 900			5,7
Э-23			6 300			4,8
Э-24			6 700			5,3
Э-25		Насадочная колонна	6 500		33% ацетона+ 67% воды	5,0
Э-26			6 000			5,5
Э-27			6 500			4,9
Э-28			6 900			5,7
Э-29			6 300			4,8
Э-30			6 700			5,3

Исходные данные к проекту

Высушиваемый материал

Сушильный агент

Производительность сушилки по высушенному материалу

Тип сушильной установки

Размер кусков материала

Топливо

Влажность материала:

начальная

конечная

Температура сушильного агента

начальная

конечная

Напряжение по влаге

Давление в сушилке -атмосферное

Курсовая работа (проект) должна содержать 4 раздела. Оформление курсовой работы (проекта) должно соответствовать принятым в ЯГТУ стандартам оформления курсовых работ (проектов).

Описание технологической схемы установки

Материальные, тепловые, конструктивные расчеты основного аппарата и установки

Подбор и расчет дополнительного оборудования

Мероприятия по технике безопасности

Графические материалы должны содержать

Чертеж основного аппарата с разрезами и узлами (А1), технологическая
схема установки (А4)

¹⁴ Описание требований к содержанию и оформлению должно быть лаконичным и давать возможность понять, какие критерии оценки компетенций далее будут использованы

Типовые задания

Исходные задания										
№ Зад.	Высушиваемый материал	Сушильный агент	Тип сушильной установки	Производительность сушки по высушенному материалу, $G_{\text{в}}, \text{кг/ч}$	Размер кусков материала, мм	Влажность материала, %м.с.		Напряжение по влаге, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	Температура сушильного агента, °С	
						Начальная	Конечная		Начальная	Конечная
C-1	Песок	Воздух	Барabanная	21 000	1,5	12	0,6	80	110	60
C-2				20 000	1,0	13	0,55	90	120	63
C-3				19 500	2,5	12,5	0,58	85	115	65
C-4				18 900	2,0	13,2	0,56	70	118	63
C-5				18 000	2,3	12,8	0,59	75	116	62
C-6				18 500	1,8	12,3	0,61	90	114	65
C-7		Топочные газы		16 000	1,6	11	0,5	95	300	100
C-8				15 200	1,7	12,2	0,62	100	400	110
C-9				16 000	1,5	11,9	0,62	90	450	120
C-10				14 600	1,0	11,8	0,63	87	430	115
C-11		Воздух	С кипящим слоем	21 000	2,5	12	0,6	92	110	60
C-12				20 000	2,0	13	0,55	88	120	63
C-13				19 500	2,3	12,5	0,58	85	115	65
C-14				18 900	1,8	13,2	0,56	90	118	63
C-15				18 000	1,6	12,8	0,59	89	116	62
C-16				18 500	1,7	12,3	0,61	94	114	65
C-17		Топочные газы		16 000	2,5	11	0,5	97	300	100
C-18				15 200	2,0	12,2	0,62	96	400	110
C-19				16 000	2,3	11,9	0,62	100	450	120
C-20				14 600	2,0	11,8	0,63	91	430	115
C-21	Бикарбонат натрия	Воздух	Барabanная	15 200	Мелкие кристаллы	6	0,1	7	115	60
C-22				14 000		7	0,11	10	110	60
C-23				14 600		5,5	0,12	9	120	63
C-24				16 000		6,5	0,13	8	115	65
C-25				14 500		5,9	0,14	9	118	63
C-26				14 800		6,1	0,12	11	116	62
C-27				15 200		6,2	0,11	12	114	65
C-28				14 400		6,3	0,15	9	118	63
C-29				14 800		6,4	0,16	11	116	62
C-30				15 000		6,5	0,13	12	114	65

Шифр и содержание компетенции	Номера вариантов КП (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1-6
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-6
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	1-6

Критерии оценки:

- умение составить алгоритм решения задачи, поставленной в курсовой работе (проекте); умение использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.);
- умение применить теоретические знания по дисциплине для решения поставленной задачи; умение использовать дополнительные источники информации; соответствие итоговых материалов курсовой работы (проекта) поставленной задаче и требованиям к оформлению и содержанию разделов; грамотное, лаконичное, последовательное изложение решения задачи в соответствии с принятым алгоритмом и пр.; качество графических материалов; умение объяснить и защитить принятое решение.

Оценочная шкала:

Оценка "Отлично" выставляется, если студент выполнил проект и чертежи без ошибок, аккуратно; четко и грамотно оформившему пояснительную записку по стандартам вуза, подробно и безошибочно ответившему на все заданные ему вопросы, не допустившему заметных отклонений от установленного графика выполнения курсового проекта, проявившему при работе достаточно самостоятельность.

Оценка "Хорошо" выставляется, если студент допустил некоторые незначительные ошибки, но при опросе проявил понимание ошибок и способов их

исправления, не допускает существенных погрешностей в ответах на вопросы, аккуратно выполнил чертежи и пояснительную записку.

Оценка "Удовлетворительно" выставляется, если студент выполнил проект без грубых ошибок, но при опросе проявляет недостаточное понимание всех подробностей проделанной работы; допускающему при ответах на вопросы неточности и неправильные формулировки; допустившему небрежность при оформлении пояснительной записки и графического материала.

Оценка "Неудовлетворительно" выставляется, если студент допустил принципиальные ошибки в представленном к защите проекте и при ответах на вопросы, небрежно выполнившему чертежи и представившему неполную и не соответствующую правилам оформления пояснительную записку.

Типовые контрольные задания (задачи) для расчетно-графических работ (тема II)

Типовые контрольные задания (задачи)¹⁵:

1. Для насосной установки, схема которой приведена на рисунке, необходимо:

Определить неизвестные величины.

Подобрать насос.

Построить совместную характеристику насоса и характеристику сети, а также характеристику $\eta = f(Q)$.

Предложить способ регулирования для обеспечения необходимого расхода.

Определить потребляемую мощность насоса

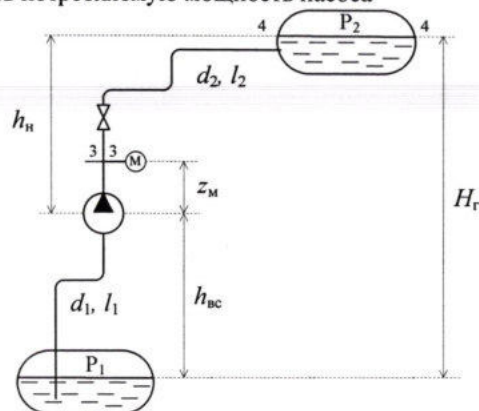


Рисунок Схема насосной установки

Варианты задания 1

№ вар.	Перекачиваемая жидкость	Температура жидкости $t, ^\circ\text{C}$	Давление в приемном резервуаре P_2 , атм	Показание манометра P_m , атм	Диаметр трубопровода нагнетательной линии $d_n \times d_2$	Скорость движения жидкости в нагнетательном трубопроводе v_2 , м/с	Высота всасывания $h_{вс}$, м	Высота нагнетания h_n , м	Длина всасывающей линии l_1 , м	Абсолютное давление в исходном резервуаре P_1 , атм	Высота установки манометра z_m , м	Диаметр трубопровода всасывающей линии $d_1 \times d_2$	Длина нагнетательной линии l_2 , м
Пример	Толуол	80	2,0	3,0	133×7	2,0	3,0	6,0	15,0	1,5	0,3	?	?
1-1	Ацетон	30	2,2	3,2	133×7	2,0	3,0	7,0	10,0	1,3	0,3	?	?
1-2	Метанол	40	2,1	3,1	108×5	2,1	3,5	8,0	15,0	1,2	0,5	?	?
1-3	Этанол	50	2,0	3,0	95×4	2,2	3,3	10,0	17,0	1,5	0,4	?	?
1-4	Муравьиная кислота	60	1,9	2,9	80×4	2,3	3,4	11,0	20,0	1,4	0,4	?	?
1-5	Уксусная кислота	70	2,3	3,3	76×4	2,4	3,6	12,0	25,0	1,4	0,5	?	?
1-6	Гексан	80	2,5	3,5	133×7	2,0	3,7	15,0	22,0	1,6	0,4	?	?
1-7	Четыреххлористый углерод	60	2,4	3,4	108×5	2,1	3,8	7,0	10,0	1,3	0,3	?	?
1-8	Бензол	70	2,0	3,0	95×4	2,2	3,5	8,0	15,0	1,1	0,5	?	?
1-9	Толуол	90	2,2	3,2	80×4	2,3	3,6	10,0	17,0	1,3	0,4	?	?
1-10	Вода	80	2,4	3,4	76×4	2,4	3,0	11,0	20,0	1,3	0,4	?	?
1-11	Ацетон	25	2,1	3,1	133×7	2,0	3,5	12,0	25,0	1,2	0,5	?	?
1-12	Метанол	35	2,2	3,2	108×5	2,1	3,3	15,0	22,0	1,5	0,4	?	?
1-13	Этанол	45	2,2	3,2	95×4	2,2	3,4	7,0	10,0	1,4	0,3	?	?
1-14	Муравьиная кислота	50	1,8	2,8	80×4	2,3	3,6	8,0	15,0	1,4	0,5	?	?
1-15	Уксусная кислота	60	2,1	3,1	76×4	2,4	3,7	10,0	17,0	1,6	0,4	?	?
1-16	Гексан	70	2,3	3,3	133×7	2,0	3,8	11,0	20,0	1,3	0,4	?	?
1-17	Четыреххлористый углерод	50	2,2	3,2	108×5	2,1	3,5	12,0	25,0	1,1	0,5	?	?
1-18	Бензол	60	2,1	3,1	95×4	2,2	3,6	15,0	22,0	1,3	0,4	?	?
1-19	Толуол	80	2,2	3,2	80×4	2,3	3,0	7,0	10,0	1,3	0,3	?	?
1-20	Вода	70	2,3	3,3	76×4	2,4	3,5	8,0	15,0	1,2	0,5	?	?
1-21	Ацетон	20	2,0	3,0	133×7	2,0	3,3	10,0	17,0	1,5	0,4	?	?
1-22	Метанол	30	2,1	3,1	108×5	2,1	3,4	11,0	20,0	1,4	0,4	?	?
1-23	Этанол	40	2,1	3,1	95×4	2,2	3,6	12,0	25,0	1,4	0,5	?	?
1-24	Муравьиная кислота	55	2,0	3,0	80×4	2,3	3,7	15,0	22,0	1,6	0,4	?	?
1-25	Уксусная кислота	65	2,2	3,2	76×4	2,4	3,8	7,0	10,0	1,3	0,5	?	?
1-26	Гексан	60	2,5	3,5	133×7	2,0	3,5	8,0	15,0	1,1	0,5	?	?
1-27	Четыреххлористый углерод	55	2,3	3,3	108×5	2,1	3,6	10,0	17,0	1,3	0,4	?	?
1-28	Бензол	50	2,4	3,4	95×4	2,2	3,4	11,0	20,0	1,2	0,4	?	?
1-29	Толуол	70	2,3	3,3	80×4	2,3	3,6	12,0	25,0	1,5	0,5	?	?
1-30	Вода	60	2,4	3,4	76×4	2,4	3,7	15,0	22,0	1,4	0,4	?	?

¹⁵ При оформлении типовых задач допускается выделять задачи по отдельным разделам (темам) дисциплины в составе РГР. Приводятся сведения о вариантах исходных данных.

2) Для насосной установки, схема которой приведена на рисунке, необходимо:

Определить неизвестные величины.

Подобрать насос.

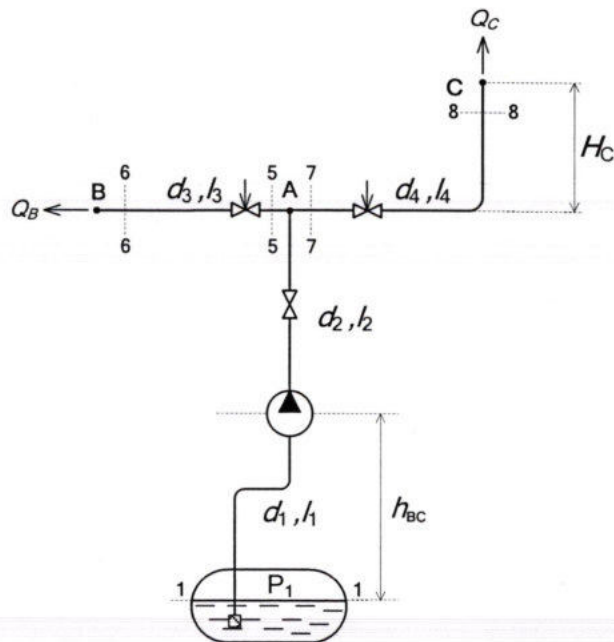


Рисунок Схема насосной установки

Варианты задания 2

№ вар.	Перекачиваемая жидкость	Температура жидкости $t, ^\circ\text{C}$	Давление в исходном резервуаре $P_0, \text{атм}$	Давление в точке разветвления $P_A, \text{атм}$	Расход жидкости в ветви AB $Q_A, \text{л/с}$	Расход жидкости в ветви AC $Q_C, \text{л/с}$	Высота всасывания $H_0, \text{м}$	Высота $H_C, \text{м}$	Длина всасывающей линии $l_1, \text{м}$	Длина нагнетательной линии $l_2, \text{м}$	Длина ветви AB $l_3, \text{м}$	Длина ветви AC $l_4, \text{м}$
Пример	Толуол	80	1,2	2,0	2,0	1,5	3,0	10,0	15,0	6,0	?	?
2-1	Ацетон	50	1,2	2,1	2,1	1,3	5,0	11	15,0	3,0	?	?
2-2	Метанол	40	1,3	1,8	2,0	1,1	4,0	9	12,0	4,0	?	?
2-3	Этанол	50	1,4	1,9	1,9	1,4	6,5	9	16,0	4,5	?	?
2-4	Муравьиная кислота	60	1,2	2,0	1,8	1,5	5,5	10	15,0	3,0	?	?
2-5	Уксусная кислота	70	1,3	2,2	1,7	1,5	3,7	12	12,5	4,0	?	?
2-6	Гексан	80	1,4	2,1	2,0	1,3	4,2	11	16,0	4,5	?	?
2-7	Четыреххлористый углерод	60	1,2	2,3	1,7	1,5	6,0	14	14,0	5,0	?	?
2-8	Бензол	70	1,3	2,3	1,9	1,4	5,0	12	17,0	4,5	?	?
2-9	Толуол	90	1,4	2,2	2,1	1,3	4,0	11	16,0	3,5	?	?
2-10	Вода	80	1,2	2,3	2,0	1,1	6,5	12	16,5	4,0	?	?
2-11	Ацетон	75	1,3	2,0	1,9	1,4	5,5	12	15,0	3,0	?	?
2-12	Метанол	35	1,4	1,7	1,8	1,5	3,7	8	12,0	4,0	?	?
2-13	Этанол	45	1,2	1,8	1,7	1,5	4,2	9	16,0	4,5	?	?
2-14	Муравьиная кислота	50	1,3	2,0	2,0	1,3	6,0	10	15,0	3,0	?	?
2-15	Уксусная кислота	60	1,4	2,1	1,7	1,5	5,0	12	12,5	4,0	?	?
2-16	Гексан	70	1,2	2,0	1,9	1,4	4,0	11	16,0	4,5	?	?
2-17	Четыреххлористый углерод	50	1,3	2,2	2,1	1,3	6,5	11	14,0	5,0	?	?
2-18	Бензол	60	1,4	2,2	2,0	1,1	5,5	12	17,0	4,5	?	?
2-19	Толуол	80	1,2	2,1	1,9	1,4	3,7	11	16,0	3,5	?	?
2-20	Вода	70	1,3	2,1	1,8	1,5	4,2	12	16,5	4,0	?	?
2-21	Ацетон	20	1,4	2,3	1,7	1,5	6,0	12	15,0	3,0	?	?
2-22	Метанол	30	1,2	2,0	2,0	1,3	5,0	8	12,0	4,0	?	?
2-23	Этанол	40	1,3	1,7	1,7	1,5	4,0	9	16,0	4,5	?	?
2-24	Муравьиная кислота	55	1,4	1,8	1,9	1,4	6,5	10	15,0	3,0	?	?
2-25	Уксусная кислота	65	1,2	2,0	1,9	1,4	5,5	12	12,5	4,0	?	?
2-26	Гексан	60	1,3	2,1	2,1	1,3	3,7	11	16,0	4,5	?	?
2-27	Четыреххлористый углерод	55	1,4	2,0	2,0	1,1	4,2	11	14,0	5,0	?	?
2-28	Бензол	50	1,2	2,2	1,9	1,4	6,0	12	17,0	4,5	?	?
2-29	Толуол	70	1,3	2,2	1,8	1,5	4,0	11	16,0	3,5	?	?
2-30	Вода	60	1,4	2,1	1,7	1,5	6,5	12	16,5	4,0	?	?

3) Для насосной установки, схема которой приведена на рисунке, необходимо:

Подобрать насос.

Определить высоту установки насоса (допустимую высоту всасывания).

Построить совместную характеристику насоса и характеристику сети, а также характеристику $\eta = f(Q)$.

4. Определить установочную мощность двигателя насоса.

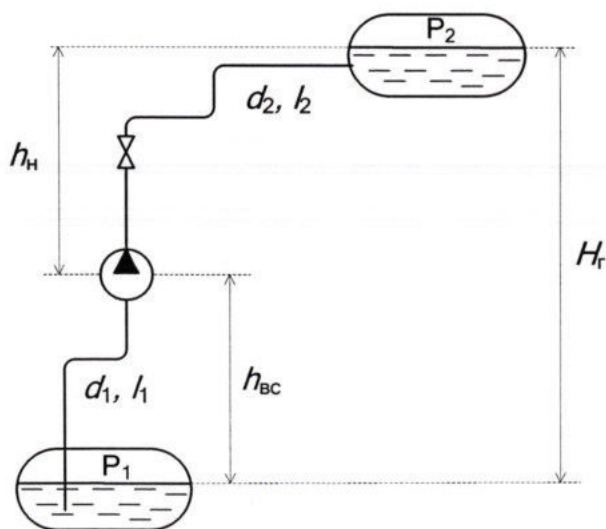


Рисунок Схема насосной установки

Варианты задания 3

№ вар.	Перекачиваемая жидкость	Температура жидкости $t, ^\circ\text{C}$	Расход жидкости, л/с	Геометрическая высота подъема жидкости, м	Давление в исходном резервуаре P_1 , МПа	Давление в приемном резервуаре P_2 , МПа	Длина всасывающей линии l_1 , м	Общая длина трубопровода L , м	Количество отводов на всасывательной линии
Пример	муравьиная кислота	50	10	30	0,12	0,20	8,4	100	3
3-1	Ацетон	35	8,0	25,0	0,1	0,15	12,0	80	4
3-2	Метанол	45	6,0	22,0	0,12	0,20	8,5	95	7
3-3	Этанол	50	9,0	26,0	0,13	0,18	14,0	120	6
3-4	Муравьиная кислота	60	10,0	30,0	0,11	0,14	7,5	78	3
3-5	Уксусная кислота	70	11,0	19,0	0,10	0,25	12,0	145	4
3-6	Гексан	80	12,0	18,0	0,12	0,27	10,0	155	6
3-7	Четыреххлористый углерод	60	7,0	28,0	0,11	1,7	8,5	160	3
3-8	Бензол	70	6,0	27,0	0,1	0,15	11,0	85	5
3-9	Толуол	90	8,0	25,0	0,12	0,20	12,0	80	6
3-10	Вода	80	6,0	22,0	0,13	0,18	8,5	95	7
3-11	Ацетон	25	9,0	26,0	0,11	0,14	14,0	110	3
3-12	Метанол	35	10,0	19,0	0,10	0,19	7,5	115	6
3-13	Этанол	45	11,0	18,0	0,1	0,15	12,0	160	7
3-14	Муравьиная кислота	50	12,0	28,0	0,12	0,20	10,0	145	4
3-15	Уксусная кислота	60	9,0	27,0	0,15	0,18	9,5	135	5
3-16	Гексан	70	15,0	25,0	0,11	0,14	12,5	115	4
3-17	Четыреххлористый углерод	50	9,0	25,0	0,15	0,16	8,5	125	6
3-18	Бензол	60	10,0	22,0	0,1	0,15	14,0	120	7
3-19	Толуол	80	11,0	26,0	0,12	0,20	7,5	110	4
3-20	Вода	70	12,0	19,0	0,13	0,18	12,0	115	6
3-21	Ацетон	20	9,0	18,0	0,11	0,14	10,0	125	7
3-22	Метанол	30	15,0	28,0	0,1	0,15	9,0	120	3
3-23	Этанол	40	9,0	27,0	0,12	0,20	12,0	110	6
3-24	Муравьиная кислота	55	10,0	25,0	0,15	0,18	8,5	80	7
3-25	Уксусная кислота	65	11,0	22,0	0,11	0,14	14,0	95	4
3-26	Гексан	60	12,0	26,0	0,13	0,16	7,5	110	5
3-27	Четыреххлористый углерод	55	9,0	19,0	0,1	0,15	12,0	115	4
3-28	Бензол	50	15,0	18,0	0,12	0,20	10,0	125	6
3-29	Толуол	70	13,0	28,0	0,13	0,18	9,5	120	4
3-30	Вода	60	14,0	27,0	0,11	0,14	12,5	110	5

4. Подобрать насос для подачи жидкости в колонну

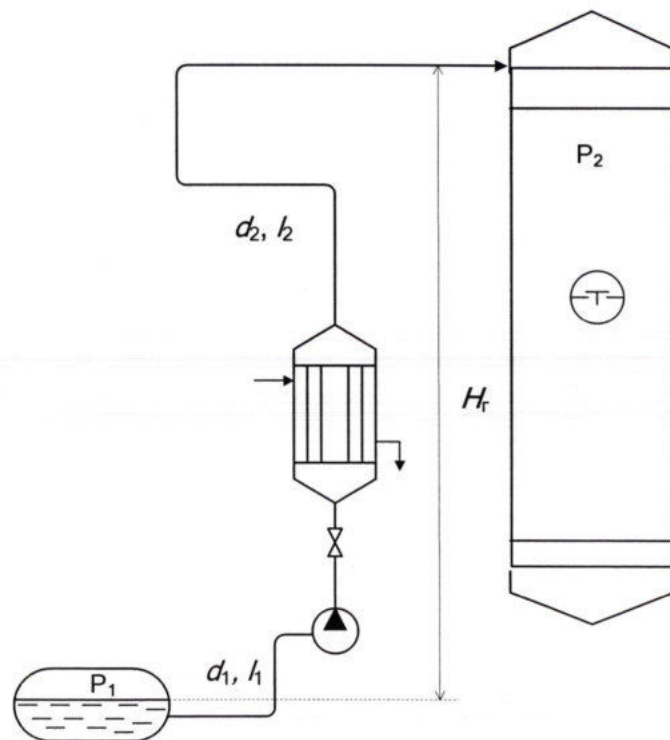


Рисунок Схема установки

Местные сопротивления на трубопроводе:

Вид местного сопротивление	Количество, шт.
Всасывающая линия	
Вход в трубопровод	1
Плавный поворот на 90 ° (отвод)	2
Нагнетательная линия	
Вентиль	1
Плавный поворот на 90 ° (отвод)	К*
* К – количество берется из задания.	

Варианты задания 4

№ вар.	Перекачиваемая жидкость	Температура жидкости во всасывающей линии $t_1, ^\circ\text{C}$	Температура жидкости в нагнетательной линии $t_2, ^\circ\text{C}$	Расход жидкости, кг/ч	Геометрическая высота подъема жидкости, м	Давление в исходном резервуаре P_1 , атм	Давление в колонне P_2 , атм	Длина всасывающей линии l_1 , м	Длина нагнетательной линии l_2 , м	Количество отводов на нагнетательной линии
Пример	Бензол	30	80	15000	30	1,30	2,00	12	120	3
4-1	Ацетон	15	35	17000	25,0	0,1	0,11	10,0	85	4
4-2	Метанол	20	45	15000	22,0	0,12	0,20	8,5	95	7
4-3	Этанол	25	50	17500	26,0	0,13	0,18	14,0	120	6
4-4	Муравьиная кислота	25	60	16500	30,0	0,17	0,14	7,5	78	3
4-5	Уксусная кислота	25	70	15500	19,0	0,10	1,55	12,0	145	4
4-6	Гексан	20	80	14500	28,0	0,12	1,75	10,0	155	6
4-7	Четыреххлористый углерод	25	60	14000	28,0	0,11	2,70	8,5	160	3
4-8	Бензол	20	70	16000	27,0	0,1	0,15	11,0	85	5
4-9	Толуол	20	90	16000	25,0	0,12	0,20	12,0	80	6
4-10	Вода	20	80	17000	22,0	0,13	0,18	8,5	95	7
4-11	Ацетон	15	25	15500	26,0	0,11	0,14	14,0	110	3
4-12	Метанол	20	35	17500	29,0	0,10	0,11	7,5	115	6
4-13	Этанол	25	45	16500	31,0	0,1	0,15	12,0	160	7
4-14	Муравьиная кислота	25	50	15500	28,0	0,12	0,20	10,8	145	4
4-15	Уксусная кислота	25	60	14500	27,0	0,13	0,18	9,5	135	5
4-16	Гексан	20	70	14000	25,0	0,11	0,14	12,5	115	4
4-17	Четыреххлористый углерод	25	50	16000	25,0	0,13	0,16	8,5	125	6
4-18	Бензол	20	60	17000	22,0	0,1	0,15	14,0	120	7
4-19	Толуол	20	80	15000	26,0	0,12	0,20	7,5	110	4
4-20	Вода	20	70	17500	19,0	0,13	0,18	12,0	115	6
4-21	Ацетон	15	30	16500	18,0	0,11	0,14	10,0	125	7
4-22	Метанол	20	40	15500	28,0	0,1	0,25	9,0	120	3
4-23	Этанол	25	45	14500	27,0	0,12	0,20	12,0	110	6
4-24	Муравьиная кислота	25	55	14000	25,0	0,13	0,18	8,5	80	7
4-25	Уксусная кислота	25	65	16000	22,0	0,11	0,14	14,0	95	4
4-26	Гексан	20	60	16000	26,0	0,13	0,16	7,5	110	5
4-27	Четыреххлористый углерод	25	55	17000	32,0	0,1	0,15	12,0	115	4
4-28	Бензол	20	50	15000	27,0	0,12	0,20	10,0	125	6
4-29	Толуол	20	70	17500	28,0	0,13	0,18	9,5	120	4
4-30	Вода	20	60	16500	27,0	0,11	0,14	12,5	110	5

**Типовые контрольные задания (задачи)
для расчетно-графических работ (тема IV)**

1. Подобрать кожухотрубчатый теплообменник для нагревания среды А при атмосферном давлении от температуры $t_{1х}$ до $t_{2х}$. Греющая среда – насыщенный водяной пар с давлением $P_{ат.}$. Потери теплоты в окружающую среду примем в размере 5 % от полезной теплоты.

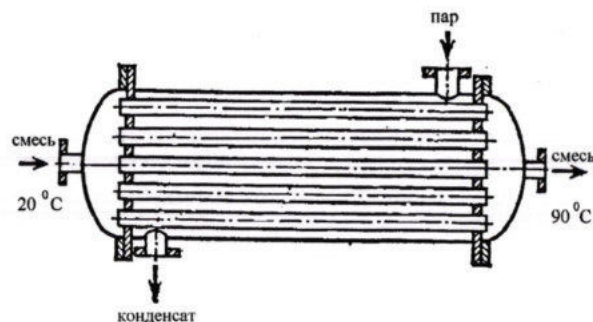


Рисунок Схема одноходового кожухотрубчатого подогревателя

Варианты задания 1

№ вар.	Теплоноситель А				Давление греющего пара, кПа
	Вид среды	Расход, кг/ч	Температура среды, ° С		
			на входе	на выходе	
1-1	вода	10000	20	90	300
1-2	ацетон	10000	20	$t_{кип}$	300
1-3	бензол	20000	20	80	300
1-4	ксилол	15000	20	90	300
1-5	толуол	20000	20	100	300
1-6	толуол	26000	20	$t_{кип}$	300
1-7	изопропиловый спирт	15000	20	$t_{кип}$	300
1-8	изопропиловый спирт	28000	20	80	300
1-9	бутиловый спирт	10000	20	$t_{кип}$	300
1-10	этиловый спирт	25000	20	75	300
1-11	этиловый спирт	23000	20	$t_{кип}$	300
1-12	метиловый спирт	25000	20	$t_{кип}$	300
1-13	метиловый спирт	27000	20	60	300
1-14	Водный р-р этилового спир- та с мас. долей 80 %	35000	20	80	300
1-15	Водный р-р этилового спир- та с мас. долей 60 %	25000	20	80	300
1-16	Водный р-р этилового спир- та с мас. долей 40 %	45000	20	80	300
1-17	Водный р-р этилового спир- та с мас. долей 20 %	40000	20	80	300
1-18	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 80 %	10000	20	$t_{кип}$	300
1-19	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 60 %	15000	20	$t_{кип}$	300
	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 40 %	40000	20	$t_{кип}$	300
1-20	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 20 %	20000	20	$t_{кип}$	300
1-21	Бензол : толуол 80 % : 20 %*	30000	20	80	300
1-22	Бензол : толуол 60 % : 40 %*	29000	18	80	300
1-23	Бензол : толуол 50 % : 50 %*	15000	20	80	300
1-24	Бензол : толуол 40 % : 60 %*	10000	20	80	300
1-25	Бензол : толуол 20 % : 80 %*	15000	20	90	300
1-26	метиловый спирт : этиловый спирт 80 % : 20 %*	10000	20	$t_{кип}$	300
1-27	метиловый спирт : этиловый спирт 60 % : 40 %*	12000	20	$t_{кип}$	300
1-28	метиловый спирт : этиловый спирт 40 % : 60 %*	30000	20	$t_{кип}$	300
1-29	метиловый спирт : этиловый спирт 30 % : 70 %*	24000	18	$t_{кип}$	300
1-30	метиловый спирт : этиловый спирт 20 % : 80 %*	20000	20	$t_{кип}$	300
* В процентах дано соотношение массовых долей					

* В процентах дано соотношение массовых долей

2. Подобрать кожухотрубчатый теплообменник для конденсации насыщенного пара среды А с массовым расходом G_A при давлении P_A . Охлаждающая среда – промышленная вода среднего качества начальной температуры t_{1x} и конечной t_{2x} . Потери теплоты в окружающую среду принять в размере 5 % от тепловой нагрузки.

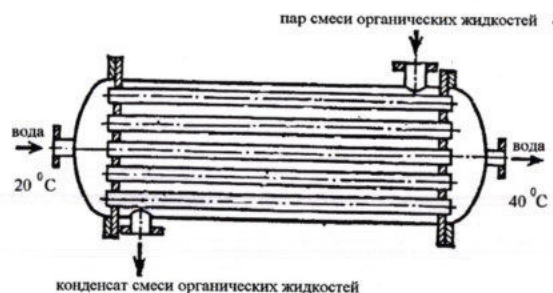


Рисунок Схема одноходового кожухотрубчатого конденсатора

Варианты задания 2

№ вар.	Конденсирующаяся среда А			Температура охлаждающей среды, °С	
	Вид среды	Расход, кг/ч	Давление P_A , кПа	на входе	на выходе
2-1	ацетон	3000	100	20	40
2-2	бензол	3500	100	25	45
2-3	ксилол	3000	100	20	40
2-4	толуол	4000	100	30	50
2-5	толуол	24000	100	18	50
2-6	изопропиловый спирт	3000	100	20	40
2-7	изопропиловый спирт	30000	100	20	40
2-8	бутиловый спирт	4000	100	25	45
2-9	бутиловый спирт	22000	100	25	45
2-10	этиловый спирт	3000	100	30	50
2-11	этиловый спирт	30000	100	20	45
2-12	метиловый спирт	2000	100	30	50
2-13	метиловый спирт	21000	100	18	45
2-14	Водный р-р этилового спирта с мас. долей 80 %	3000	100	30	50
2-15	Водный р-р этилового спирта с мас. долей 60 %	2500	100	30	50
2-16	Водный р-р этилового спирта с мас. долей 40 %	2000	100	25	45
2-17	Водный р-р этилового спирта с мас. долей 20 %	1500	100	20	40
2-18	метиловый спирт : этиловый спирт 80 % : 20 %	3000	100	25	45
2-19	метиловый спирт : этиловый спирт 60 % : 40 %	3500	100	30	50
2-20	метиловый спирт : этиловый спирт 40 % : 60 %	3000	100	25	45
2-21	метиловый спирт : этиловый спирт 20 % : 80 %	2500	100	30	50
2-22	бензол : толуол 80 % : 20 %	5000	100	30	50
2-23	Бензол : толуол 60 % : 40 %	3500	100	25	45
2-24	бензол : толуол 40 % : 60 %	7500	100	20	40
2-25	Бензол : толуол 20 % : 80 %	4500	100	25	45
2-26	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 80 %	3000	100	25	45
2-27	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 60 %	2500	100	25	45
2-28	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 40 %	2000	100	25	45
2-29	Водный р-р метилового спирта с мас. долей 20 %	3500	100	25	45
2-30	гексан	1500	100	20	40

Примечание – Соотношение компонентов в смесях дано в массовых долях

3) Подобрать кожухотрубчатый теплообменник для испарения среды А с массовым расходом G_A при давлении P_A и температуре кипения. Греющая среда – насыщенный водяной пар при давлении $P_{\text{нас}}$. Потери теплоты в окружающую среду принять в размере 5 % от расходуемой на испарение.

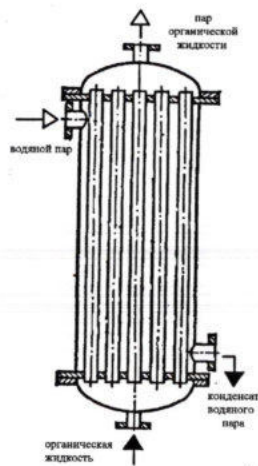


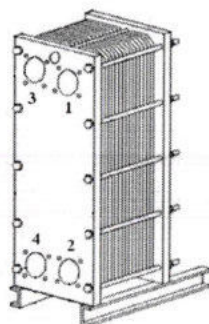
Рис. 8.11. Схема кожухотрубчатого испарителя

Варианты задания 3

№ вар.	Испаряемая среда среда А			Давление насыщенного водяного пара, $P_{\text{нас}}$, кПа
	Вид среды	Расход, кг/час	Давление P_A , кПа	
3-1	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 5 %	3000	100	300
3-2	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 10 %	4000	100	300
3-3	Водный раствор метилового спирта с массовой долей 5 %	3500	100	300
3-4	метиловый спирт	3000	100	300
3-5	метиловый спирт	23000	100	300
3-6	этиловый спирт	4000	100	300
3-7	этиловый спирт	19000	100	300
3-8	бензол	4000	100	300
3-9	толуол	3000	100	300
3-10	толуол	21000	100	300
3-11	ксилол	3000	100	300
3-12	ксилол	25000	100	300
3-13	бензол : толуол 80 % : 20 %	2500	100	300
3-14	бензол : толуол 80 % : 20 %	26000	100	300
3-15	бензол : толуол 60 % : 40 %	3000	100	300
3-16	бензол : толуол 40 % : 60 %	4000	100	300
3-17	Бензол : толуол 20 % : 80 %	3500	100	300
3-18	метиловый спирт : этиловый спирт 10 % : 90 %	1500	100	300
3-19	метиловый спирт : этиловый спирт 20 % : 80 %	2000	100	300
3-20	метиловый спирт : этиловый спирт 40 % : 60 %	2500	100	300
3-21	метиловый спирт : этиловый спирт 60 % : 40 %	3000	100	300
3-22	метиловый спирт : этиловый спирт 80 % : 20 %	3500	100	300
3-23	бутиловый спирт	3000	100	600
3-24	изопропиловый спирт	4000	100	600
3-25	Водный раствор метилового спирта с массовой долей 20 %	3000	100	600
3-26	Водный раствор метилового спирта с массовой долей 40 %	2500	100	600
3-27	Водный раствор метилового спирта с массовой долей 60 %	3500	100	600
3-28	Водный раствор метилового спирта с массовой долей 80 %	4000	100	600
3-29	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 20 %	3500	100	600
3-30	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 40 %	4000	100	600

Примечание – Соотношение компонентов в смесях дано в массовых долях

4. Подобрать пластинчатый теплообменник для нагрева жидкости А с массовым расходом G_A от начальной температуры t_{1x} до конечной t_{2x} . Греющая среда – теплоноситель В, с массовым расходом G_B , температура которого понижается от t_{1r} до t_{2r} . Потери теплоты в окружающую среду принять в размере 5 % от теплоты, расходуемой на нагревание жидкости А.



1 – Вход греющей среды; 2 – Выход греющей среды; 3 – Выход нагреваемой среды; 4 – Вход нагреваемой среды

Рисунок Схема одноходового пластинчатого подогревателя

Варианты задания 4

№ вар	Теплоноситель А			Теплоноситель В		
	Вид среды	Расход, кг/час	Температура среды, °С		Вид среды	Температура среды, °С
			на входе	на выходе		
4-1	этиловый спирт	40000	20	50	вода	80
4-2	ксилол	30000	20	50	вода	80
4-3	бутиловый спирт	20000	20	50	вода	80
4-4	бензол	50000	20	50	вода	80
4-5	толуол	60000	20	50	вода	80
4-6	Водный р-р KNO_3 с мас. долей 10 %	30000	25	60	вода	80
4-7	Водный р-р $NaCl$ с мас. долей 10 %	30000	25	60	вода	80
4-8	Водный р-р K_2SO_4 с мас. долей 10 %	40000	25	60	вода	80
4-9	Водный р-р K_2SO_4 с мас. долей 10 %	32000	20	60	вода	80
4-10	бензол : толуол 20 % : 80 %	50000	25	60	вода	90
4-11	бензол : толуол 20 % : 80 %	29000	20	60	вода	90
4-12	бензол : толуол 40 % : 60 %	60000	30	70	вода	90
4-13	бензол : толуол 40 % : 60 %	39000	20	70	вода	90
4-14	бензол : толуол 60 % : 40 %	40000	30	70	вода	90
4-15	бензол : толуол 60 % : 40 %	31000	20	70	вода	90
4-16	бензол : толуол 80 % : 20 %	50000	30	70	вода	90
4-17	бензол : толуол 80 % : 20 %	18000	20	70	вода	90
4-18	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 20 %	30000	30	70	этиловый спирт	70
4-19	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 40 %	50000	30	70	этиловый спирт	70
4-20	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 60 %	60000	35	65	этиловый спирт	70
4-21	Водный раствор этилового спирта с массовой долей 80 %	70000	35	65	этиловый спирт	70
4-22	Водный р-р $CuSO_4$ с мас. долей 20 %	50000	35	65	вода	90
4-23	Водный р-р $CaCl_2$ с мас. долей 20 %	60000	35	65	вода	90
4-24	Водный р-р $MgCl_2$ с мас. долей 20 %	50000	20	60	вода	90
4-25	Водный раствор метилового спирта с мас. долей 20 %	60000	20	60	вода	90
4-26	Водный раствор метилового спирта с мас. долей метиловый спирт 40 %	60000	20	60	вода	80
4-27	Водный раствор метилового спирта с мас. долей метиловый спирт 60 %	50000	20	60	вода	80
4-28	Водный раствор метилового спирта с мас. долей 80 %	60000	20	60	вода	80
4-29	Водный р-р $NaNO_3$ с мас. долей 10 %	60000	25	65	вода	80
4-30	Водный р-р KOH с мас. долей 20 %	50000	25	65	вода	80

Примечание – Соотношение компонентов в смесях дано в массовых долях

Шифр и содержание компетенции	Номера задания (из представленного списка)
УК- 2 способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	1-4
ОПК-2 способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ профессиональной информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий, включая проведение расчетов и моделирование, с учетом основных требований информационной безопасности	1-4
ОПК -4 способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	1-4

Критерии оценки:

- умение составить алгоритм решения задачи;
- умение использовать различные формы мыслительной деятельности (анализ, синтез, оценивание, сравнение, обобщение и т.п.);
- умение применить теоретические знания по дисциплине для решения поставленной задачи;
- грамотное, лаконичное, последовательное изложение решения задачи в соответствии с принятым алгоритмом и пр.;
- нахождение правильного решения (ответа) задачи.

Оценочная шкала

Оценка "Зачтено" выставляется студенту, если в процессе решения задания грамотно использованы теоретические знания по дисциплине для решения поставленной задачи, получен правильный ответ, компетентно изложено решение задачи.

Оценка "Не зачтено" выставляется, если студент не владеет теоретическим материалом и делает грубые ошибки при решении и написании задания.

3 Методические материалы¹⁶

1.1 Общие сведения о выборе структуры ФОСД

Основной частью контрольно-измерительных и оценочных материалов в составе ФОСД являются компетентностно-ориентированные задания (КОЗ), позволяющие оценить степень достижения следующих категорий образовательных целей «Знание», «Понимание», «Применение», «Анализ», «Синтез», «Оценка».

Категория **Знание** предполагает выполнение обучающимся простых действия по запоминанию и воспроизведению изученного материала. Общая черта данной категории – припоминание обучающимся соответствующих сведений (терминологии, классификаций и категорий, конкретных фактов, методов и процедур, основных понятий, правил и принципов), выбор объекта деятельности и выявление закономерностей, связанных с объектом ситуации, определение местонахождения конкретных элементов информации. При этом информация воспроизводится практически в том же виде, в котором была получена.

Категория **Понимание** характеризуется постановкой проблем, связанных с объектом исследования (изучения), передачей идеи каким-либо способом. Студент понимает факты, правила и принципы, преобразует (трансформирует) учебный материал из одной формы выражения в другую (например, словесный материал в математические выражения), интерпретирует материал, схемы, графики, диаграммы, вытекающие из имеющихся данных и т.п.; объясняет, прогнозирует дальнейшее развитие явлений, событий; раскрывает связи между идеями, фактами, определениями или ценностями.

Категория **Применение** предполагает использование обучающимся знаний из различных областей для решения проблем и их исследования. Контрольные задания данной категории характеризуются простотой действий, которые обозначают умение обучающегося использовать изученный материал в конкретных условиях и в новых практических ситуациях, демонстрировать правильное применение метода или процедуры, соблюдать принципы, правила и законы. Результат обучения предполагает более высокий уровень владения материалом, подразумевает применение обучающимся нестандартных ответов и поиск решений.

Категория **Анализ** подразумевает выполнение обучающимся сложных действий (деятельности), характеризующих комплексные умения проводить различия между фактами и предположениями, формулировать задачи на основе анализа ситуации. Студент должен быть способен расчленять информацию на составные части, анализировать элементы, соотношения, выявлять взаимосвязи между ними, выделять скрытые или неявные предположения, видеть ошибки в логике рассуждений, проводить разграничения между фактами и следствиями, определять причины, последствия, мотивы, приходить к определенным умозак-

¹⁶ Раздел 3 ФОСД заполняется преподавателем самостоятельно с использованием рекомендаций настоящего приложения

лучениям. Контрольные задания для данной категории образовательных целей требуют осознания обучающимся как содержания учебного материала, так и его структуры, внутреннего строения.

Категория **Синтез** подразумевает обоснование и представление обучающимся выбранного способа решения задачи, демонстрацию того, как идея или продукт могут быть изменены, творческое решение проблем на основе оригинального мышления, создание из различных идей нового или уникального продукта или плана. Студент проявляет сложные действия (деятельность), характеризующие комплексные умения комбинировать элементы для получения целого, обладающего новизной (готовит доклад, пишет научную работу, предлагает план эксперимента, действий, решения проблемы, интерпретирует и прогнозирует результаты, преобразует информацию из разных источников), т.е. выполняет деятельность творческого характера. Контрольные задания для данной категории образовательных целей дают возможность использовать собственные знания и опыт обучаемого для творческого решения проблемы.

Категория **Оценка (оценивание)** предполагает выполнение обучающимся сложных действий, которые характеризуют его способность оценивать роль или значение какого-либо утверждения, явления, объекта, экспериментальных или теоретических данных для конкретной цели на основе четких, заранее заданных критериев – внутренних (структурных, логических) и внешних, выявляющих соответствие намеченной цели. Критерии могут определяться либо самим студентом, либо задаваться ему извне (например, преподавателем). Студент оценивает логику построения материала в форме письменного текста, схемы или алгоритма, качество собственных идей и возможных последствий принятого решения (как позитивных, так и негативных), прогнозирует развитие ситуации, выявляет значение материала или идеи для данной конкретной цели на основе критериев или стандартов, соответствие выводов имеющимся данным, значимость полученных данных, результатов и т.д. При этом возможно получение неоднозначных ответов, что, как правило, не позволяет использовать средства автоматизированного контроля образовательных результатов.

В табл. 3.1 приведены обобщенные сведения о применимости различных структур КОЗ для разных видов и форм контроля по дисциплине.

Таблица 3.1 – Соответствие структуры КОЗ в составе ФОСД категориям образовательных целей, видам и формам контроля

Вид контроля	Категория образовательных целей, формы контроля					
	Знание	Понимание	Применение	Анализ	Синтез	Оценка
				Творчество		
Текущий контроль	Тестовые задания по лекционному материалу. Тестовые задания по лабораторным и практическим занятиям. Вопросы для собеседования (устного опроса).		Оценочные материалы для выполнения и защиты расчетно-графической работы (реферата, эссе), контрольных работ для заочной формы обучения	Контрольные задания для курсовой работы (проекта)		
	Вопросы для контрольных работ Вопросы для самостоятельной (домашней) работы		Контрольные задания (задачи) для практических работ и лабораторных Контрольные задания для самостоятельной (домашней) работы	Оценочные материалы для индивидуальных (групповых) творческих работ . Прочие виды контрольных заданий на анализ, синтез, оценку		
Итоговый контроль по дисциплине	Вопросы для экзамена или зачета по дисциплине Вопросы для защиты курсовой работы (проекта)		Контрольные задания (задачи) для экзамена или зачета	Прочие виды контрольных заданий на анализ, синтез, оценку (для защиты КР, КП, экзамена или зачета)		

В зависимости от содержания дисциплины, форм контроля по учебному плану и рабочей программе по дисциплине и других факторов преподаватель может выбрать указанные в таблице 3.1 или дополнительные (дидактически эквивалентные) формы контроля.

3.2 Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Этапы формирования компетенций отражены в таблице 1.3 ФОСД «Матрица соответствия разделов дисциплины и осваиваемых компетенций».

Оценка компетенций осуществляется на всех этапах их формирования при осуществлении текущего и итогового контроля по дисциплине с применением контрольно-измерительных и оценочных материалов, представленных в ФОСД. Критерии оценки и оценочная шкала приведены для различных видов

контрольно-измерительных материалов в составе ФОСД.

Уровень сформированности компетенций оценивается в рамках итогового контроля по учебной дисциплине в следующей шкале:

«Базовый» - соответствует академической оценке «удовлетворительно», «зачтено»;

«Нормальный» - соответствует академической оценке «хорошо»;

«Повышенный» - соответствует академической оценке «отлично».

Общие рекомендации по критериям оценки уровня учебных достижений и уровня сформированности компетенций, а также по применению и использованию оценочных шкал приведены в П ЯГТУ 02.02.05 – 2016.