

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

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.

« 30 » 05.2024\_\_\_\_\_

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Специальные дисциплины 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии: Процессы и аппараты пищевых производств**  
(наименование профиля подготовки (специализации))

Направление подготовки (специальности)

**19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии**  
(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность подготовки (специализация)

**Процессы и аппараты пищевых производств**  
(наименование направленности подготовки (специализации), по учебному плану)

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Воронеж

## 1. Цели и задачи

Целями освоения специальной дисциплины «Промышленная экология и биотехнологии: Процессы и аппараты пищевых производств» является подготовка выпускника к выполнению научно-исследовательской деятельности при решении **следующих задач**:

- сбор, обработка, анализ и систематизация научно-технической информации по тематике исследования;
- создание математических моделей, позволяющих исследовать и оптимизировать параметры технологического процесса производства и улучшать качество готовых изделий;
- внедрение результатов исследований и разработок.

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

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями аспирант должен:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	Способность и готовность развивать приоритетные направления наук и технологий (в соответствии с направленностью «Процессы и аппараты пищевых производств») на государственном и региональном уровне	современное технологическое оборудование и применяемые процессы пищевых производств, основные законы физики и химии, термодинамики и гидромеханики, сохранения массы и энергии; современные экспериментальные и аналитические методы исследования, методы интенсификации процессов, устройство и методы расчета аппаратов.	создавать новые и совершенствовать действующие технологии и оборудование для производства пищевых продуктов, проводить теплотехнические и технологические расчеты, использовать современные методы исследования, физическое и математическое моделирование на основе системного анализа; выявлять кинетические закономерности протекания основных процессов, определять рациональные технологические параметры процессов.	методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов, выявлять общие закономерности протекания технологических процессов; методами проведения расчетов процессов и подбора необходимого технологического оборудования, аналитическими и численными методами решения задач тепломассопереноса, научными основами выявления общих закономерностей.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Специальная дисциплина входит в образовательную составляющую основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования и относится к обязательным дисциплинам отрасли науки и научной специальности базовой части блока 1 «Дисциплины (модули)».

Данная дисциплина является предшествующей для прохождения практик, выполнения научно-исследовательской работы, сдачи Государственного экзамена по специальной дисциплине в соответствии с темой диссертации на соискание ученой степени кандидата наук и выполнения выпускной научно-квалификационной работы (диссертации на соискание ученой степени кандидата наук).

«Входными» знаниями, умениями и компетенциями обучающегося аспиранта, необходимыми для изучения специальной дисциплины, служат знания, умения и навыки, полученные при изучении вышеперечисленных дисциплин базовой и вариативной части по направлению подготовки аспирантов.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего часов	Курс		
		2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>216</b>	<b>36</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
<b>Аудиторные занятия:</b>	<b>60</b>	20	20	20
Лекции	<b>30</b>	10	10	10
Практические занятия (ПЗ)	<b>30</b>	10	10	10
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>156</b>	16	88	52
Проработка материалов по конспекту лекций (тестирование, решение кейс-задания)	12	3	4	5
Проработка материалов по учебнику (тестирование, решение кейс-задания)	65	3	53	9
Выполнение расчетов для практических работ	15	3	7	5
Оформление отчета по практической работе	6	1	3	2
Подготовка к практическим занятиям	12	2	8	2
Рефераты:	23			23
Подготовка реферата	11	2	5	4
Оформление текста реферата	12	2	8	2
<b>ЗЕТ:</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
Виды аттестации	-	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>

**5 Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (указываются темы и дидактические единицы)	Академические часы
1	Основные законы о процессах и аппаратах. Методы исследования. Теория подобия.	Введение, основные законы науки о процессах и аппаратах. Эксергия, ее виды. Теория Онзагера. Методы исследования процессов и аппаратов: аналитический и экспериментальный. Теория подобия. Виды подобия. Три теоремы подобия. Анализ размерностей. π-теорема.	2
2	Механические процессы.	Процессы измельчения. Способы измельчения. Критерии оценки эффективности процесса измельчения. Циклы измельчения. Обобщенный закон измельчения. Резание. Виды измельчительных машин. Процессы сортирования и калибрования. Ситовое сепарирование. Воздушное сепарирование. Магнитное сепарирование. Процессы прессования. Гранулирование, обезвоживание, брикетирование, формование, экструдирование и др. Теоретические основы процессов. Основные виды оборудования для прессования и формования. Процессы перемешивания. Критерии эффективности процесса смешивания. Механическое перемешивание: виды рабочих органов. Основные виды смесителей. Пневматическое перемешивание.	6
3	Гидромеханические процессы.	Осаждение. Кинетика осаждения. Дифференциальное уравнение осаждения частицы под действием силы тяжести. Критериальные уравнения для разных режимов осаждения. Закон Стокса. Интерполяционное уравнение. Виды отстойников и основы их расчета. Фильтрование. Уравнения фильтрования. Фильтровальные перегородки. Виды фильтров и основы их расчета. Интенсификация работы фильтров. Центрифугирование. Фактор разделения. Процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах. Сепарирование. Классификация жидкостных сепараторов. Производительность сепараторов. Основные виды сепараторов. Мембранные процессы: классификация и их характеристика. Концентрационная поляризация и методы ее снижения. Расчет осмотического давления. Факторы, влияющие на баромембранные процессы. Характеристика мембран. Аппараты для баромембранных процессов и методика их расчета.	8
4	Тепловые процессы.	Основное уравнение теплопередачи. Температурное поле. Градиент температур. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена (Уравнение Фурье-Кирхгофа). Критериальное уравнение теплоотдачи. Теплопередача. Нагревание. Конструкции теплообменников. Расчет теплообменных аппаратов. Конденсация. Виды конденсации и их характеристика. Основные типы конденсаторов. Расчет конденсаторов. Охлаждение. Криоскопическая температура. Охлаждающие среды. Тепло- и массообмен при охлаждении пищевых продуктов. Замораживание. Теоретические основы процесса замораживания. Эвтектическая температура. Кривая замораживания (по Груде и Постольскому). Расчет теплоты, отводимой при замораживании. Основные типы морозильных аппаратов. Выпаривание. Температурные потери и температура кипения растворов. Однокорпусные выпарные установки: устройство принцип действия, материальный и тепловой баланс. Многокорпусные выпарные установки: устройство принцип действия, материальный и тепловой баланс. Устройство выпарных аппара-	16

		тов.	
5	Массообменные процессы	<p>Основы теории массопередачи. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила процесса массопередачи. Закон молекулярной диффузии (первый закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика). Закон массоотдачи. (Закон Шукарева). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии). Связь коэффициентов массопередачи и коэффициентов массоотдачи.</p> <p>Абсорбция. Материальный и тепловой баланс процесса абсорбции. Кинетика абсорбции. Основные типы абсорберов.</p> <p>Перегонка и ректификация. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации. Флегмовое число. Построение рабочей линии ректификационной колонны.</p> <p>Процессы диффузии и экстракции. Экстракция в системе жидкость-жидкость. Расчет статика процесса. Устройство и принцип действия экстракторов.</p> <p>Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость. Фазовое равновесие в системе твердое тело-жидкость. Виды экстракторов и методика их расчета.</p> <p>Адсорбция. Равновесие, материальный баланс, кинетика и тепловой баланс процесса адсорбции. Основные характеристики адсорбентов. Классификация и устройство адсорберов.</p> <p>Кристаллизация. Основные характеристики процесса кристаллизации. Кинетика роста кристаллов. Кинетическая и диффузионная области. Методы кристаллизации. Основные типы кристаллизаторов. Расчет кристаллизаторов.</p> <p>Сушка: характеристика ее основных видов. Классификация форм связи влаги в продукте. Статика процесса сушки. Изотермы сорбции и десорбции. Равновесная и гигроскопическая влажность. Основные параметры влажного воздуха. I-d диаграмма.</p> <p>Кинетика процесса сушки. Кривые сушки, скорости сушки, температурные кривые, термограммы. Характеристика основных периодов процесса сушки. Основное уравнение кинетики сушки. Материальный и тепловой балансы сушки. Устройство сушилок и методика их расчета.</p>	28
<b>ИТОГО</b>			<b>60</b>

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	СРС, час
1	Основные законы о процессах и аппаратах. Методы исследования. Теория подобия.	2	-	6
2	Механические процессы.	4	2	16
3	Гидромеханические процессы.	6	2	20
4	Тепловые процессы.	8	8	42
5	Массообменные процессы	10	18	72
<b>ИТОГО</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>156</b>

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1	Основные законы о процессах и аппаратах. Методы исследования. Теория подобия.	Введение, основные законы науки о процессах и аппаратах. Эксергия, ее виды. Теория Онзагера. Методы исследования процессов и аппаратов: аналитический и экспериментальный. Теория подобия. Виды подобия. Три теоремы подобия. Анализ размерностей. π-теорема.	2
2	Механические процессы.	Процессы измельчения. Способы измельчения. Критерии оценки эффективности процесса измельчения. Циклы измельчения. Обобщенный закон измельчения. Резание. Виды измельчительных машин. Процессы сортирования и калибрования. Ситовое сепарирование. Воздушное се-	4

		<p>парирование. Магнитное сепарирование.</p> <p>Процессы прессования. Гранулирование, обезвоживание, брикетирование, формование, экструдирование и др. Теоретические основы процессов. Основные виды оборудования для прессования и формования.</p> <p>Процессы перемешивания. Критерии эффективности процесса смешивания. Механическое перемешивание: виды рабочих органов. Основные виды смесителей.</p> <p>Пневматическое перемешивание.</p>	
3	Гидромеханические процессы.	<p>Осаждение. Кинетика осаждения. Дифференциальное уравнение осаждения частицы под действием силы тяжести. Критериальные уравнения для разных режимов осаждения. Закон Стокса. Интерполяционное уравнение. Виды отстойников и основы их расчета.</p> <p>Фильтрование. Уравнения фильтрования. Фильтровальные перегородки. Виды фильтров и основы их расчета. Интенсификация работы фильтров.</p> <p>Центрифугирование. Фактор разделения. Процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах.</p> <p>Сепарирование. Классификация жидкостных сепараторов. Производительность сепараторов. Основные виды сепараторов.</p> <p>Мембранные процессы: классификация и их характеристика. Концентрационная поляризация и методы ее снижения. Расчет осмотического давления. Факторы, влияющие на баромембранные процессы. Характеристика мембран. Аппараты для баромембранных процессов и методика их расчета.</p>	6
4	Тепловые процессы.	<p>Основное уравнение теплопередачи. Температурное поле. Градиент температур. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена (Уравнение Фурье-Кирхгофа). Критериальное уравнение теплоотдачи. Теплопередача.</p> <p>Нагревание. Конструкции теплообменников. Расчет теплообменных аппаратов.</p> <p>Конденсация. Виды конденсации и их характеристика. Основные типы конденсаторов. Расчет конденсаторов.</p> <p>Охлаждение. Криоскопическая температура. Охлаждающие среды. Тепло- и массообмен при охлаждении пищевых продуктов.</p> <p>Замораживание. Теоретические основы процесса замораживания. Эвтектическая температура. Кривая замораживания (по Груде и Постольскому). Расчет теплоты, отводимой при замораживании. Основные типы морозильных аппаратов.</p> <p>Выпаривание. Температурные потери и температура кипения растворов. Однокорпусные выпарные установки: устройство принцип действия, материальный и тепловой баланс. Многокорпусные выпарные установки: устройство принцип действия, материальный и тепловой баланс. Устройство выпарных аппаратов.</p>	8
5	Массообменные процессы	<p>Основы теории массопередачи. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила процесса массопередачи. Закон молекулярной диффузии (первый закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика). Закон массоотдачи. (Закон Шукарева). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии). Связь коэффициентов массопередачи и коэффициентов массоотдачи.</p> <p>Абсорбция. Материальный и тепловой баланс процесса абсорбции. Кинетика абсорбции. Основные типы абсорберов.</p> <p>Перегонка и ректификация. Материальный и тепловой</p>	10

	<p>баланс процесса ректификации. Флегмовое число. Построение рабочей линии ректификационной колонны. Процессы диффузии и экстракции. Экстракция в системе жидкость-жидкость. Расчет статики процесса. Устройство и принцип действия экстракторов.</p> <p>Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость. Фазовое равновесие в системе твердое тело-жидкость. Виды экстракторов и методика их расчета.</p> <p>Адсорбция. Равновесие, материальный баланс, кинетика и тепловой баланс процесса адсорбции. Основные характеристики адсорбентов. Классификация и устройство адсорберов.</p> <p>Кристаллизация. Основные характеристики процесса кристаллизации. Кинетика роста кристаллов. Кинетическая и диффузионная области. Методы кристаллизации. Основные типы кристаллизаторов. Расчет кристаллизаторов.</p> <p>Сушка: характеристика ее основных видов. Классификация форм связи влаги в продукте. Статика процесса сушки. Изотермы сорбции и десорбции. Равновесная и гигроскопическая влажность. Основные параметры влажного воздуха. I-d диаграмма.</p> <p>Кинетика процесса сушки. Кривые сушки, скорости сушки, температурные кривые, термограммы. Характеристика основных периодов процесса сушки. Основное уравнение кинетики сушки. Материальный и тепловой балансы сушки. Устройство сушилок и методика их расчета.</p>	
	ИТОГО	30

### 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, час
1	Механические процессы.	Расчет молотковой дробилки	2
2	Гидромеханические процессы.	Расчет фильтра.	2
3	Тепловые процессы.	Расчет теплообменника (тип теплообменника по усмотрению преподавателя)	4
		Расчет вакуум-выпарного аппарата (тип вакуум-выпарного аппарата по усмотрению преподавателя)	4
4	Массообменные процессы	<p>Расчет сушилки (тип сушилки по усмотрению преподавателя)</p> <p>Расчет адсорбера (тип адсорбера по усмотрению преподавателя)</p> <p>Расчет абсорбера (тип абсорбера по усмотрению преподавателя)</p> <p>Расчет кристаллизатора (тип кристаллизатора по усмотрению преподавателя)</p> <p>Расчет экстрактора (тип экстрактора по усмотрению преподавателя)</p> <p>Расчет ректификационной колонны (тип ректификационной колонны по усмотрению преподавателя)</p>	6×3
	ИТОГО		30

### 5.2.3 Лабораторный практикум – не предусмотрен

#### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающегося (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРС	Трудоемкость, час
1	Основные законы о процессах и аппаратах. Методы исследования. Теория подобия.	Проработка материалов по учебнику	2
		Тест (подготовка к выполнению тестовых заданий)	3
		Подготовка к решению кейс-задания	1
2	Механические процессы.	Проработка материалов по учебнику	4
		Оформление отчета по практическим занятиям	6
		Тест (подготовка к выполнению тестовых заданий)	4
		Подготовка к решению кейс-задания	2
3	Гидромеханические процессы.	Проработка материалов по учебнику	6
		Оформление отчета по практическим занятиям	6
		Тест (подготовка к выполнению тестовых заданий)	4
		Подготовка к решению кейс-задания	4
4	Тепловые процессы.	Проработка материалов по учебнику	8
		Оформление отчета по практическим занятиям	24
		Тест (подготовка к выполнению тестовых заданий)	6
		Подготовка к решению кейс-задания	4
5	Массообменные процессы	Проработка материалов по учебнику	12
		Оформление отчета по практическим занятиям	36
		Тест (подготовка к выполнению тестовых заданий)	14
		Подготовка к решению кейс-задания	10
ИТОГО			156

### 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### 6.1 Основная литература:

1. Процессы и аппараты пищевых производств : учеб. для вузов / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. В. Логинов [и др.] ; под ред. А. Н. Острикова. — СПб. : ГИОРД, 2012. — 616 с.: ил. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4887](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4887)

2. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 1. / А. Н. Остриков [и др.] ; под ред. А. Н. Острикова. - СПб. : ГИОРД, 2007. - 704 с. : ил.

3. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] : учеб. для вузов : в 2 кн. Кн. 2. / А. Н. Остриков [и др.] ; под ред. А. Н. Острикова. - СПб. : ГИОРД, 2007. - 608 с. : ил.

4. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств [Текст] / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2005. – 760 с.

5. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учебник для вузов. / А. Г. Касаткин. – 10-е изд., стереотипное, доработанное. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 753 с.

6. Айнштейн, В. Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии [Текст]: учебник для вузов. В 2 кн. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др. – М.: Химия, 2000. – 1760 с.

7. Процессы и аппараты химической технологии [Текст]: учебник для вузов / Д. А. Баранов, В. Н. Блиничев, А. В. Вязьмин и др. – М.: Логос, 2001. – 1080 с.

#### 6.2 Дополнительная литература

1. Красовицкий Ю.В. Расчет и выбор пылеулавливающего оборудования: Учеб. пособие с грифом УМО / В.А. Горемыкин. (М. О. Панов, А. М. Болдырев, Ю. Н. Шаповалов // Воронеж, ВГАСА.– 2000. – 326 с.
2. Расчет и проектирование массообменных аппаратов: Учебное пособие/Под научной ред. профессора А.Н. Острикова. – СПб.: Издательство «Лань» - 2015. – 352 с.: ил. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=56170](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=56170)
3. Остриков, А.Н. Расчет и проектирование теплообменников [Текст]: учебник / А.Н. Остриков, А.В. Логинов, А.С. Попов, И.Н. Болгова; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж: ВГТА, 2011. – 440 с. Режим доступа: [http://93.88.139.67/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронный каталог](http://93.88.139.67/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронный%20каталог).
4. Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование [Текст] / Д. А. Баранов, А. В. Вязьмин, А. А. Гухман и др.; Под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2000. – 480 с.
5. Логинов А.А., Подгорнова Н.М., Болгова И.Н. Процессы и аппараты химических и пищевых производств (пособие по проектированию) [Текст]: учебное пособие для студентов вузов (гриф УМО) / ВГТА. - Воронеж, 2003. - 264 с.
6. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков – М.: ООО ТИД «Альянс», 2006. – 576 с.
7. Лазинский, А. А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры [Текст]: справочник. - 4-е изд., стер. - М.: Альянс, 2013. - 752 с
8. Шевцов С.А. Техника и технология сушки пищевого растительного сырья [Текст] : монография / С. А. Шевцов, А. Н. Остриков; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2014. – 292 с.
9. Остриков А.Н. Экструзия в пищевых технологиях. А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин — СПб.: ГИОРД, 2004 г. стр. 288.
10. Афанасьев, В.А. Приоритетные методы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст] : монография / В. А. Афанасьев, А. Н. Остриков. – Воронеж : 2015. – 337 с.
11. Мобильные комбикормовые заводы [Текст] : монография / В. А.Афанасьев, А. Н. Остриков, В. Н. Василенко // Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2012. – 330 с.
12. Остриков А.Н. Производство фруктовых и овощных чипсов с использованием радиационно-конвективной сушки [Текст] : монография / А. Н. Остриков, Е. Ю. Желтоухова; Воронеж. гос. ун-т инженер.технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2014. – 200 с.
13. Остриков, А.Н. Современные технологии молочно-жировых композиций [Текст] : монография / А. Н. Остриков, Л. И. Василенко, А. В. Горбатова; Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж : ВГУИТ, 2017. – 192 с.
14. Периодические издания (журналы):
  - «Вестник ВГУИТ»
  - «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания»;
  - «Пищевая промышленность»;
  - «Вопросы питания»;
  - «Хранение и переработка сельхозсырья»;
  - «АПК: Достижения науки и техники»;
  - «Известия вузов. Пищевая технология»;

«Оборудование пищевой промышленности»;  
 «Производство спирта и ликероводочных изделий».  
 «Пиво и напитки» и др.

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

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

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

При изучении дисциплины используется программное обеспечение и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ» <https://education.vsu.ru/>, автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры» <https://training.i-exam.ru/>, образовательная платформа «Лифт в будущее» <https://lift-bf.ru/courses>.

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение - ОС Windows, ОС ALT Linux.

### 7 Материально-техническое обеспечение специальной дисциплины

ФГБОУ ВПО «ВГУИТ» имеет необходимую базу для обеспеченности исполнителей машинами и оборудованием, в том числе научным.

Использование оборудования ЦКП «Контроль и управление энергоэффективными проектами», научно-образовательного центра «Энергоресурсосберегающие технологии, процессы и оборудование пищевых производств», ЦКП «Индустрия наносистем»: • CO<sub>2</sub>-инкубаторы • pH-метры • автоклавы • бидистилляторы • вортексы • вошеры для планшет • генераторы постоянного тока • генераторы постоянного и переменного магнитных полей • источники питания постоянного тока • камеры для электрофоретического разделения нуклеиновых кислот • оборудование для электрофореза (Био-Рад) • качалки • ламинарные боксы • аналитические лабораторные весы • микроскопы • персональные компьютеры: Интел(R) 2x2200Гц, 2ГБ ОЗУ, AMD Атлон, 1,53ГГц, 513Мб ОЗУ; Фуджитсу-Сименс Селерон (R), 1,3ГГц 248Мб ОЗУ; персональный компьютер 486DXU-100MHz/16Мб/800Мб; персональный компьютер Атлон 1200МГц, 512Мб ОЗУ. • стендовая установка для облучения биологических объектов электромагнитным излучением крайне высоких частот на основе высокочастотного генератора сигналов Г4-141, генератора

сигналов специальной формы Г6-37, измерители мощности (М3-22А) и частоты (Ч2-25), панорамный измеритель (Р2-68), излучатели стандартной и специальной формы • термостатируемые шейкеры • термостаты • установка для визуализации гелей на базе трансиллюминатора TFX-20МС и цифрового фотоаппарата Canon А640 (Кэнон) • ферментеры • низкотемпературные шкафы • холодильные камеры • холодильники • центрифуги VAC-24 • настольная центрифуга 5417R Эппендорф • низкоскоростные центрифуги для пробирок разного объема • центрифуга для планшет • шейкеры • другое стандартное лабораторное оборудование (рН-метры, качалки, автоматические микропипетки и др.). Аналитические весы Вибра (Vibra) (Япония), Высокочастотный генератор сигналов Г4-141 (Россия) Высокоэффективный жидкостный хроматограф Мерк-Хитачи с детектором оптической плотности (Германия-Япония) Излучатели стандартной и специальной формы (Россия). Измеритель мощности М3-22А (Россия) Источники питания постоянного тока Б5-50 (Россия) Камеры для вертикального электрофореза в полиакриламидном геле (изготовлены по спец.заказу) Камера для горизонтального электрофореза БиоРад (США); Камера для облучения бактериальной культуры и других образцов электромагнитным полем (собственная сборка). Камера для пульс-электрофореза (изготовлена по спец.заказу) Качалка ST-3 Элми (Латвия) Ламинар Гелаире Класс 100 (Великобритания), Микроспектрофотометр НаноДроп ND100 (США); Морозильник Атлант (Россия) Морозильник Саратов (Россия) Панорамный измеритель Р2-68 (Россия). Персональные компьютеры: Интел (R) 2200Гц, 2,2ГГц ОЗУ; АМО Атлон 1800Гц, 1,53ГГц, 513Мб ОЗУ; Футжитсу-Сименс Селерон (R) 1300Гц, 1,3ГГц 248Мб ОЗУ. Программируемый термостат АМПЛИ4 (Россия) Программируемый термостат ДТ-322 (ДНК-технология) (Россия) рН-метр «Эксперт» (Россия) Термостат БИС (Россия), Термостат Термит (ДНК-технология, Россия), Термостат БиоТДБ (Биосан, Латвия); Трансиллюминатор (Минск) Ультразвуковой дезинтегратор УРСК-7Н-18 (Россия) Суховоздушный термостат ТС (Россия) Флуоресцентный микроскоп Лейка (Германия). Фотометр Мультискан RS-232С (ЛабСистемс, Финляндия) Персональный молекулярный сканер (Personal molecular imager) БиоРад (США). Холодильник ЗИЛ (Россия) Центрифуга К-24 (Германия) Центрифуга Эппендорф (Германия).

На компьютерах установлено необходимое программное обеспечение для выполнения научно-исследовательских работ, в том числе: КОМПАС-3D, Mathcad, MATLAB R2009b, Table Curve 3D.

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

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

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

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

## **Оценочные материалы**

# 1. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями аспирант должен:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-1	Способность и готовность развивать приоритетные направления наук и технологий (в соответствии с направленностью «Процессы и аппараты пищевых производств») на государственном и региональном уровне	современное технологическое оборудование и применяемые процессы пищевых производств, основные законы физики и химии, термодинамики и гидромеханики, сохранения массы и энергии; современные экспериментальные и аналитические методы исследования, методы интенсификации процессов, устройство и методы расчета аппаратов.	создавать новые и совершенствовать действующие технологии и оборудование для производства пищевых продуктов, проводить теплотехнические и технологические расчеты, использовать современные методы исследования, физическое и математическое моделирование на основе системного анализа; выявлять кинетические закономерности протекания основных процессов, определять рациональные технологические параметры процессов.	методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов, выявлять общие закономерности протекания технологических процессов; методами проведения расчетов процессов и подбора необходимого технологического оборудования, аналитическими и численными методами решения задач тепло-массо-переноса, научными основами выявления общих закономерностей.

## 1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Гидравлические и гидромеханические процессы и аппараты	ПК-1	Тест	1-385	Процентная шкала
			Собеседование	1-385	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Реферат	1-46 блок Г	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Кейс-задача	1 блок Е	Уровневая шкала
2	Тепловые процессы и аппараты	ПК-1	Тест		Процентная шкала
			Собеседование	1-55	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Реферат	1-152	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Кейс-задача	блок Е	Уровневая шкала
3	Массообменные процессы и аппараты	ПК-1	Тест		Процентная шкала
			Собеседование	1-125	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Реферат	1-152	Отметка в системе «зачтено-незачтено»
			Кейс-задача	блок Е	Уровневая шкала

## 2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

(включая экзаменационные задания, вопросы к зачету, задания, тесты, и другие виды контроля, интерактивные занятия, осуществляемые в процессе изучения дисциплины)

### 3.1 Вопросы к экзамену

*Перечень вопросов формируется отдельно для каждой компетенции*

Индекс компетенции	№ задания	Формулировка вопроса

ПК-1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы расчета отстойников. Конструкции отстойников; принцип действия.</li> <li>2. Фильтровальные перегородки. Классификация фильтров. Устройство и принцип действия фильтр-пресса. Интенсификация работы фильтров. Расчет фильтров.</li> <li>3. Характеристика мембран. Методы очистки мембран. Аппараты для баро-мембранных процессов и их расчет.</li> <li>4. Классификация мембранных процессов. Основные технологические параметры баромембранных процессов. Концентрационная поляризация, методы ее снижения. Расчет осмотического давления.</li> <li>5. Сепарирование. Классификация жидкостных сепараторов. Схема движения частиц в межтарелочных пространствах сепараторов. Расчет производительности сепаратора.</li> <li>6. Мембранные методы разделения. Основы механизма мембранных процессов. Кинетика мембранных процессов. Типы мембран. Конструкции мембранных аппаратов.</li> <li>7. Разделение жидких неоднородных систем в поле центробежных сил. Фактор разделения. Центрифуги, гидроциклоны, сепараторы – устройства и принцип работы. Производительность центрифуг.</li> <li>8. Классификация основных типов теплообменных аппаратов: рекуперативные, регенеративные и контактные теплообменники. Характеристика теплоносителей. Основы расчета теплообменных аппаратов.</li> <li>9. Основные типы теплообменников. Основы расчета теплообменных аппаратов. Материальный и тепловой расчет. Определение коэффициентов теплопередачи в теплообменных аппаратах: выбор скорости рабочих сред, определение термических сопротивлений и т.д. Определение средней разности температур при прямотоке, противотоке, смешанном токе.</li> <li>10. Гидравлический и механический расчет теплообменного аппарата. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышение технико-экономических показателей.</li> </ol>
------	--

	<p>11. Охлаждение. Криоскопическая температура. Охлаждающие среды и холодильные агенты. Тепло- и массообмен при охлаждении пищевых продуктов. Охладительные установки и камеры охлаждения.</p> <p>12. Теоретические основы процесса замораживания. Эвтектическая температура. Кривая замораживания продуктов (по Груде и Постольскому). Расчет теплоты, отводимой при замораживании. Расчет продолжительности процесса замораживания. Основные типы морозильных аппаратов.</p> <p>13. Процесс конденсации пара. Конденсаторы поверхностные и конденсаторы смешения (пленочно-прямоточные, прямоточные, противоточные, ротационные). Тепловой расчет конденсаторов.</p> <p>14. Расчет поверхностного конденсатора. Определение расхода охлаждающей воды и поверхности охлаждения. Конструктивное оформление поверхности охлаждения. Расчет конденсаторов смешения. Барометрический конденсатор. Определение высоты барометрической трубы.</p> <p>15. Многокорпусные выпарные установки. Основные схемы многокорпусных установок. Оптимальное число корпусов. Полная и полезная разность температур, температурные потери. Распределение полезной разности температур по корпусам. Расчет многокорпусных установок.</p> <p>16. Процесс выпаривания пищевых сред. Выпаривание под вакуумом, при избыточном давлении, при атмосферном давлении. Схема однокорпусной вакуум-выпарной установки. Циркуляция раствора в выпарном аппарате. Барометрический конденсатор (устройство, назначение и расчет).</p> <p>17. Расчет барометрического конденсатора. Определение габаритных размеров конденсатора. Расчет числа полок. Выбор и расчет вакуум-насоса для установки.</p> <p>18. Аппараты со ступенчатым контактом фаз (тарельчатые). Степень изменения концентрации (теоретическая тарелка). Кинетическая кривая. Графо-аналитический расчет числа тарелок. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>19. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Расчет рабочей высоты массообменных аппаратов. Аппараты с непрерывным контактом фаз (насадочные, пленочные). Число единиц переноса. Способы расчета числа единиц переноса: графическое интегрирование, графический метод.</p> <p>20. Общая характеристика процесса адсорбции. Промышленные адсорбенты и их основные свойства. Математическая модель процесса адсорбции в неподвижном зернистом слое адсорбента. Классификация адсорберов и общие принципы устройства.</p> <p>21. Способы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы кристаллизатора. Кинетика процесса кристаллизации. Методика расчета количества кристаллов. Диффузионное сопротивление и сопротивление, обусловленное кристаллохимической реакцией на поверхности. Движущая сила процесса. Основные типы кристаллизаторов. Пути интенсификации процесса.</p> <p>22. Схемы проведения процесса абсорбции. Расчет абсорберов. Пути интенсификации массообменных процессов. Десорбция и способы ее проведения. Абсорберы. Их классификация.</p>
--	--

		<p>23. Пленочные и насадочные колонны; виды насадок, их характеристики и принцип выбора; основные конструкции тарелок (колпачковые, клапанные, ситчатые, провальные и др.). Принципы выбора контактных устройств и оптимальных режимов их работы.</p> <p>24. Простая перегонка. Материальный баланс. Определение температуры дистилляции и расхода водяного пара.</p>
--	--	---

	<p>25. Характеристика процесса экстракции и области его применения. Треугольная диаграмма. Материальный баланс. Определение расхода экстрагента. Одноступенчатая и многоступенчатая противоточная экстракция. Конструкции промышленных экстракторов.</p> <p>26. Ректификация. Физические основы ректификационных процессов. Минимальное и действительное флегмовое число. Схемы установок для непрерывной и периодической ректификации, назначение и конструкция тарелок.</p> <p>27. Процессы экстрагирования в системах твердое тело-жидкость. Равновесие в системах твердое тело-жидкость. Скорость процесса и факторы, влияющие на нее. Инженерные методы расчета процесса экстрагирования.</p> <p>28. Материальный и тепловой баланс ректификационной колонны. Расчет ректификационных колонн на основе числа теоретических тарелок и на основе числа единиц переноса. Минимальное и действительное флегмовое число.</p> <p>29. Теоретические основы экстрагирования. Устройство экстракционных аппаратов – аппараты с неподвижным слоем твердого материала, непрерывнодействующие аппараты с механическим перемешиванием и др. Методы интенсификации процессов экстрагирования.</p> <p>30. Тепловой расчет сушильной установки. Расчет количества испаренной влаги. Уравнения материального и энергетического баланса для сушильной установки. Расчет расхода воздуха в сушильной установке.</p> <p>31. Графоаналитический расчет сушильной установки с использованием I-d-диаграммы. Расчет удельного расхода воздуха и теплоты. Классификация и конструкции конвективных сушилок: камерной, туннельной, конвейерной, шахтной, ленточной, барабанной, распылительной, с кипящим слоем и др.</p> <p>32. Контактная сушка. Специальные методы сушки. Сублимационная сушка. Сушка инфракрасными лучами. Сушка токами высокой частоты.</p> <p>33. Характеристика процесса абсорбции и области ее применения. Выбор абсорбента. Физическая абсорбция и хемотропная абсорбция. Равновесие между фазами. Влияние температуры и давления на равновесие. Материальный баланс и уравнение рабочей линии.</p>
--	--

ПК-1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Неоднородные системы и методы их разделения (классификация гидро- механических процессов). Материальный баланс гидромеханических процессов.</li> <li>2. Дифференциальное уравнение осаждения частицы под действием силы тяжести. Вывод критериального уравнения подобия, описывающего процесс осаждения частиц.</li> <li>3. Движение жидкости через неподвижные зернистые слои. Характеристики зернистого слоя. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Стационарный и не- стационарный режим фильтрования.</li> <li>4. Закон Стокса. Характеристика режимов движения частицы в жидкости в процессе осаждения. Физическая сущность процесса осаждения. Скорость осаждения и определение ее при различных гидравлических режимах.</li> <li>5. Характеристика процесса отстаивания неоднородной системы. Зависимость скорости отстаивания от времени.</li> <li>6. Физическая сущность процесса фильтрования. Движущая сила. Основное кинетическое уравнение фильтрования. Сопротивление фильтрования. Режимы постоянной разности давлений и постоянной скорости фильтрования.</li> </ol>
------	--

	<p>7. Вывод критериальных уравнений, описывающих процесс осаждения ча- стиц для ламинарного, переходного и турбулентного режимов. Коэффици- ент сопротивления осаждения частицы в жидкости для различных режимов осаждения. Интерполяционная зависимость для всех режимов осаждения.</p> <p>8. Факторы, влияющие на баромембранные процессы. Концентра- ционная поляризация, методы ее снижения. Расчет осмотического давления.</p> <p>9. Конвективный теплообмен. Конвекция и теплоотдача. Дифферен- циальное уравнение конвективного теплообмена. Подобие тепловых процессов.</p> <p>10. Теплопроводность через плоскую стенку. Теплопроводность че- рез ци-линдрическую стенку. Определение температурного напора.</p> <p>11. Температурное поле, температурный градиент. Теплопровод- ность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводно- сти.</p> <p>12. Конвективный теплообмен. Конвекция и теплоотдача. Диффе- ренциаль-ное уравнение конвективного теплообмена. Подобие теп- ловых процессов.</p> <p>13. Общая характеристика тепловых процессов. Теплопередача. Основные способы переноса теплоты. Основное уравнение теплопе- редачи.</p> <p>14. Однокорпусная выпарка. Основы расчета. Материальный и теп- ловой ба-лансы. Расход греющего пара. Общая и полезная разность температур. Тем-пературные потери.</p> <p>15. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопере- дачи и их выражения. Связь между коэффициентами массопередачи и коэффициен- тами массоотдачи. Средняя движущая сила процес- сов массопередачи. Об- щие методы интенсификации процесса массопередачи.</p> <p>16. Молекулярный и молярный перенос. Особенности диффузии в системе твердое тело-жидкость. Основной закон диффузии. Движу- щая сила про- цесса. Диаграмма равновесия и ее использование в расчетах процесса. Числотеоретических ступеней контакта.</p> <p>17. Законы фазового равновесия. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Направление процессов массопереноса, их обрати- мость. Механизмы переноса массы. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Движущая сила про-цесса.</p> <p>18. Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Диф- ференци- альное уравнение переноса массы в потоке. Уравнение массоотдачи. Коэф- фициенты массоотдачи. Движущая сила про- цесса. Получение обобщенных переменных <math>\square</math> критериев диффуз и- онного подобия. Физический смысл кри- териев. Обобщенное урав- нение массоотдачи.</p> <p>19. Физическая сущность процесса кристаллизации. Основные па- раметры процесса кристаллизации. Равновесие при кристаллиза- ции. Диаграммы со- стояния растворов. Скорость кристаллизации. Факторы, влияющие на ско- рость процесса. Процесс образования зародышей.</p> <p>20. Классификация бинарных смесей. Характеристика двухфазных систем жидкость-пар, фазовое равновесие бинарных смесей. Иде- альные и реальные смеси. Законы Рауля и Дальтона. Основные диа-</p>
--	---

		<p>граммы процессов пере- гонки.</p> <p>21. Формы и виды связи влаги с сухим материалом по П.А. Ребинде- ру. Хи- мически связанная влага. Адсорбционно-связанная влага, мономолекуляр- ная и полимолекулярная адсорбция. Капиллярная влага в макро- и микрока-пиллярах. Осмотическая удержанная вла- га.</p> <p>22. Общая характеристика процесса сушки. Движущая сила процес- са. Ос- новы статики сушки. Взаимодействие влажного материала с воздухом, изо-термы сорбции и десорбции. Формы связи влаги с ма- териалом. Равновесная</p>
--	--	---

	<p>и гигроскопическая влажность материала. Свойства влажного воздуха. Диа-грамма – Рамзина.</p> <p>23. Формы связи влаги с материалом. Равновесная влажность материала. Свойства влажного воздуха. Диаграмма I-x (Рамзина).</p> <p>24. Кинетика процесса сушки. Кривые сушки и кривые скорости сушки, тем-пературные кривые. Периоды постоянной в убывающей скорости сушки. Критическая и равновесная влажности материала. Продолжительность пер-вого и второго периодов сушки.</p> <p>25. Динамика процесса сушки. Особенности внешнего и внутреннего пере-носа теплоты и массы. Критерия подобия тепло- и массопере-носа.</p> <p>26. Классификация методов сушки. Конвективная, кондуктивная, термора- диационная сушка и в поле токов ВЧ и СВЧ. Особенности тепло- и массооб-мена при этих методах сушки и их применение для обработки различных материалов и продуктов.</p> <p>27. Классификация основных процессов пищевых производств. Основные методы исследования процессов и аппаратов: аналитический, эксперимен- тальный, синтетический.</p> <p>28. Теория подобия. Геометрическое, временное, физическое подо-бие. По- добие начальных и граничных условий. Инварианты и кон-станты подобия.</p> <p>29. Три теоремы подобия и их практическое применение. Метод ана-лиза раз- мерностей. □ -теорема. Примеры получения критериев на основании □-тео- ремы.</p>
--	--

Критерии и шкалы оценки:

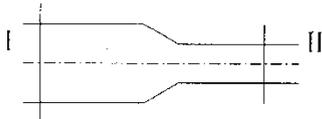
- оценка «отлично» выставляется студенту, если набрал свыше 85 %;
- оценка «хорошо», если набрал от 75 до 84 %;
- оценка «удовлетворительно», если набрал от 60 до 74 %;
- оценка «неудовлетворительно», если набрал менее 60 %.

### 3.2 Задачи (задания) к экзамену

*Перечень задач (заданий) формируется отдельно для каждой компетенции*

Ин-декс ком-пе-тен-ции	№ за-да-ния	Условие задачи (формулировка за-дания)

ПК-1	Гидравлические и гидромеханические процессы аппараты	<p>1. Критическая скорость воздуха в прямой круглой трубе <math>d = 0,020</math> м равна ... м/с, а динамический коэффициент вязкости и плотность соответственно равны <math>\mu = 2 \cdot 10^{-5}</math> Па·с, <math>\rho = 1,2</math> кг/м<sup>3</sup></p> <p>2. Если расход воды равен 10 л/с, а перепад уровней составляет 4 м, то диаметр внешнего цилиндрического насадка, расположенного в стенке открытого бака при истечении под уровень, равен ... см.</p> <p>3. По напорной трубе протекает жидкость в условиях турбулентного режима. Местные потери равны 27 м. Если расход потока уменьшится в 3 раза эти потери составят ... м.</p> <p>4. Бак прямоугольной формы, заполненный водой, имеет в дне внешний цилиндрический насадок, через который происходит его опорожнение. Если площадь бака <math>0,5</math> м<sup>2</sup>, высота бака 2 м, диаметр отверстия 5 см, то время опорожнения равно ... с.</p> <p>5. Если расход воды равен 15 л/с, а перепад уровней составляет 5 м, то диаметр малого отверстия, расположенного в стенке открытого бака при истечении под уровень и совершенном сжатии, равен ... см.</p>
------	--	---

		<p>6. Манометр на напорном трубопроводе насоса показывает 3,5 ат. Вакуум- метр на всасывающем трубопроводе 0,5 ат. Диаметры трубопроводов одинаковы, жидкость – вода. Напор <math>H</math>, развиваемый насосом равен ... м.</p> <p>7. Насос подает масло с расходом 2 л/с на высоту 60 м. Потери напора составляют 42 м. Оба резервуара открыты, КПД насоса равен 0,6. Плотность масла <math>\rho = 900 \text{ кг/м}^3</math>. Мощность на валу насоса равна ... кВт.</p>
ПК-1	Гидравлические и гидромеханические процессы аппараты	<p>1. Два открытых бака соединены простым длинным трубопроводом постоянного диаметра 100 мм (модуль расхода <math>K = 53,9 \text{ л/с}</math>). Если расход составляет 12 л/с, а длина трубопровода 50 м, то перепад уровней в баках равен ... м.</p> <p>2. Наименьшая скорость в прямой трубе <math>d = 0,020 \text{ м}</math> для воды, при которой возможен развитый турбулентный режим: <math>\rho = 10^3 \text{ Па}</math>, <math>\rho = 1000 \text{ кг/м}^3</math> равна ... м/с.</p> <p>3. Точка присоединения открытого пьезометра заглублена на 8 м под уровень воды, а избыточное давление над свободной поверхностью составляет 0,2 атм. Тогда высота подъема воды в открытом пьезометре равна ... м.</p> <p>4. Расход жидкости из малого отверстия диаметром 10 см, заглубленного под уровень на 2 м (сжатие считать совершенным), равен ... м<sup>3</sup>/с.</p> <p>5. Если перепад уровней воды <math>H=3,5 \text{ м}</math>, то скорость истечения воды из внешнего цилиндрического насадка в стенке открытого бака и истечении под уровень, равна ... м/с.</p> <p>6. Приблизительная сила избыточного гидростатического давления в закрытом сосуде на горизонтальную прямоугольную площадку равна ... кН. При условии, что она заглублена в воду на 4 м, длина стенки 3 м, а ширина 6 м. Поверхностное избыточное давление составляет 20 кПа.</p> <p>7. Если <math>p_1 = 1,5 \text{ ат.}</math>, <math>p_2 = 1,0 \text{ ат.}</math>, <math>v_1 = 5 \text{ м/с}</math>; <math>v_2 = 10 \text{ м/с}</math>; <math>z_1 = z_2 = 0</math>; <math>g = 10 \text{ м/с}^2</math>, то гидравлические потери в канале переменного сечения равны ... м.</p>  <p>8. Если перепад уровней воды <math>H = 2,5 \text{ м}</math>, а диаметр отверстия 5 см, то расход воды при истечении из малого отверстия в стенке открытого бака при совершенном сжатии и истечении под уровень, равен ... л/с.</p>
ПК-1	Тепловые процессы аппараты	<p>1. В холодильнике охлаждают жидкость от 90 до 40 °С водой, температура которой на входе в аппарат 10 °С, на выходе 30 °С. Средний температурный напор для случая проточного движения равен ...</p> <p>3. В теплообменнике нагревается 8 кг/с продукта от 42 до 68 °С. Нагревание проводится сухим насыщенным паром, теплота парообразования которого равна <math>2,2 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}</math>. Теплоемкость продукта равна <math>4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}</math>. Количество пара необходимое для нагревания ... кг/с.</p>

4. В холодильнике охлаждают жидкость от 90 до 40 °С водой, температура которой на входе в аппарат 10 °С, на выходе 30 °С. Средняя движущая сила для противоточного движения равна ... .

5. Количество вторичного пара, при выпаривании из 1500 кг раствора с концентрацией  $x_n = 10\%$  (масс) до  $x_k = 30\%$  (масс), равно ... кг.

5. Чему равна теплопроводность стенки толщиной 20 мм, если температура на внутренней поверхности стенки 30 °С, на внешней 29 °С, плотность теплового потока 50 Вт/(м<sup>2</sup>·К)?

		<p>6. Чему равна теплопроводность стенки толщиной 20 мм, если температура на внутренней поверхности стенки 30°C, на внешней 29 °C, плотность теп-лового потока 100 Вт/(м<sup>2</sup>·K)?</p> <p>7. Чему равна плотность теплового потока, если коэффициент теплоотдачи от среды к стенке 35 Вт/(м<sup>2</sup>·K), температура среды 41°C, температура стенки 20 °C?</p> <p>8. Чему равен коэффициент теплоотдачи, если коэффициент теплопроводности 0,02 Вт/(м·K), число Нуссельта 300, диаметр трубы, омываемой сре- дой, 200 мм?</p> <p>9. Начальная температура горячего теплоносителя 200°C, конечная темпе- ратура 100 °C, начальная температура холодного теплоноси- теля 10 °C, ко- нечная температура 80 0C. Определить наименьший температурный напор Dtm (в 0C) в случае противотока.</p> <p>10. Начальная температура горячего теплоносителя 200°C, конечная темпе- ратура 100 °C, начальная температура холодного теплоноси- теля 10 °C, ко- нечная температура 80 °C. Определить наибольший температурный напор Dtb (в °C) в случае прямотока.</p>
ПК-1	Теп- ло- вые про- цес- сы ап- па- раты	<p>1. Насыщенный водяной пар с температурой 120 °C используют для нагре- вания жидкости от 20 °C до 70 °C. Средняя движущая сила этого теплового процесса равна ... .</p> <p>2. На выпаривание расходуется 0,5 кг греющего водяного пара. Теп- лота кон- денсации греющего пара – 2,1·10<sup>6</sup> Дж/кг, его температура 150 °C. Темпера- тура кипения раствора у середины греющих труб выпарного аппарата 100 °C. Коэффициент теплопередачи – 1163 Вт/м<sup>2</sup>·K. Площадь поверхно- сти теп-лообмена необходимая для проведения выпаривания ... м<sup>2</sup>.</p> <p>3. Если на выпаривание подается 5 % -ный раствор в количестве 0,15 кг/с, аполучается 0,03 кг/с упаренного раствора. Концентрация упаренного рас- твора равна ... %.</p> <p>4. Если исходный раствор поступает нагретым до температуры ки- пения, тов однокорпусном аппарате на выпаривание 1 кг воды надо ... греющего пара.</p> <p>5. Чему равна плотность теплового потока через плоскую стенку в случае теплопроводности, если термическое сопротивление стенки 0,3 (м<sup>2</sup>·K)/Вт, температура на внутренней поверхности стенки 40 °C, на внешней – -20 °C?</p> <p>6. Чему равна плотность теплового потока через плоскую стенку в случае теплопроводности, если коэффициент теплопроводности стенки 0,5 Вт/(м·K), толщина стенки 30 см, температура на внутренней поверхно- стистенки 15 °C, на внешней – -15 °C?</p> <p>7. Чему равна плотность теплового потока через плоскую стенку в случае теплопередачи, если термическое сопротивление теплопе- редаче 0,1 (м<sup>2</sup>·K)/Вт, температура горячей среды 60 °C, темпера- тура холодной среды 10 °C?</p> <p>8. Чему равна плотность теплового потока (в Вт/м<sup>2</sup>) в случае тепло- пере- дачи через плоскую стенку (коэффициент теплоотдачи от го- рячей среды с температурой 50 °C к стенке 200 Вт/(м<sup>2</sup>·K), коэффи- циент теплоотдачи от стенки к холодной среде с температурой 0 °C 30 Вт/(м<sup>2</sup>·K), толщина стенки 20 мм, коэффициент теплопроводности стенки 0,8 Вт/(м·K)?</p>

ПК-1	Мас-со-об-мен-ные про-цес-сы и ап-па-раты	<p>1. В абсорбционном аппарате коэффициенты массоотдачи имеют следующие значения <math>\beta_y = 1</math>; <math>\beta_x = 10</math>; уравнение равновесия имеет вид <math>y^* = 20x</math>; коэффициенты массопередачи <math>K_y</math> и <math>K_x</math> равны ... и ...</p> <p>2. Если <math>y_n = 0,02</math>; <math>y_k = 0,01</math>, уравнение рабочей линии <math>y = 2x</math>; уравнение линии равновесия <math>y^* = x</math>. Число единиц переноса массы при абсорбции равно ... ,</p>
------	---	--

ПК-1	Мас- сооб- мен- ные про- цессы и ап- па- раты	1. Число единиц переноса массы при абсорбции, если $y_n = 0,06$ ; $x_n = 0$ ; $x_k = 0,01$ ; $L/G = 5$ ; $\Delta y_{cp} = 0,02$ , равно ... . 2. Сточные фенольные воды обрабатывают в экстракторе чистым бензолом. Содержание фенола в воде равно $0,4 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент распределения равен 2. Равновесная концентрация ( $\text{кг/м}^3$ ) фенола в бензоле равна ... . 3. Сточные фенольные воды обрабатывают в экстракторе чистым бензолом. Содержание фенола в воде равно $0,4 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент распределения равен 2. Равновесная концентрация ( $\text{кг/м}^3$ ) фенола в бензоле равна ... .
------	---	---

Критерии и шкалы оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если набрал свыше 85 %;
- оценка «хорошо», если набрал от 75 до 84 %;
- оценка «удовлетворительно», если набрал от 60 до 74 %;
- оценка «неудовлетворительно», если набрал менее 60 %.

### 3.3 Реферат

*Перечень тем формируется отдельно для каждой компетенции*

Ин- дек с ком- пе- тен- - ции	№ темы	Тематика рефера- тов

-1	Гидравлические и гидромеханические процессы и аппараты	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Центробежные насосы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</li> <li>2. Способы регулирования работы центробежных насосов.</li> <li>2. Поршневые насосы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</li> <li>3. Винтовые насосы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</li> <li>4. Объемные насосы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</li> <li>5. Вентиляторы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</li> <li>6. Гидро- и пневмоаппаратура, используемая в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки.</li> <li>7. Гидравлический удар: причины возникновения, сущность, методы борьбы с ним.</li> <li>8. Фильтры, применяемые в молочной и мясной промышленности: класси-</li> </ol>
----	--	---

		<p>фикация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>9. Центрифуги, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>10. Сепараторы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета, методика расчета.</p> <p>11. Баромембранные установки, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p>
ПК-1	Тепловые процессы и аппараты	<p>1. Теплообменники, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>2. Конденсаторы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>3. Барометрический конденсатор: назначение, устройство, принцип действия, методика расчета.</p> <p>4. Однокорпусные вакуум-выпарные установки: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>5. Многокорпусные вакуум-выпарные установки: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>6. Скороморозильные аппараты: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>7. Холодильные камеры для хранения продукции: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p>
ПК-1	Массообменные процессы и аппараты	<p>1. Кристаллизаторы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>2. Абсорберы, применяемые в молочной и мясной промышленности: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>3. Адсорберы: назначение, устройство, принцип действия, методика расчета.</p> <p>4. Экстракторы: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p> <p>5. Ректификационные установки: классификация, назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки, методика расчета.</p>
ПК-1	Гидравлические и гидромеханические процессы и	<p>1. Способы регулирования работы центробежных насосов.</p> <p>2. Очистка неоднородных гетерогенных систем отстаиванием.</p> <p>3. Обоснование и выбор фильтрационного оборудования (по указания преподавателя)</p> <p>разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях приложения прикладной механики с учетом экономических и экологических требований.</p>

	аппараты	
ПК-1	Тепловые процессы	1.Основные направления повышения эффективности кожухотрубчатых теплообменников, применяемых в молочной и мясной промышленности.

	и аппараты	<p>2. Основные направления повышения эффективности пластинчатых тепло-обменников, применяемых в молочной и мясной промышленности.</p> <p>3. Основные направления повышения эффективности теплообменников типа «труба в трубе», применяемых в молочной и мясной промышленности.</p> <p>4. Основные направления повышения эффективности спиральных и змее-виковых теплообменников, применяемых в молочной и мясной промышленности.</p> <p>5. Основные направления повышения эффективности оросительных тепло-обменников, применяемых в молочной и мясной промышленности.</p> <p>6. Основные направления повышения эффективности многокорпусных вакуум-выпарных установок, применяемых в молочной промышленности.</p>
ПК-1	Массообменные процессы и аппараты	<p>1. Обзор перспективных конструкций кристаллизаторов, используемых в молочной промышленности.</p> <p>2. Основные направления повышения эффективности кристаллизаторов, применяемых в молочной промышленности.</p> <p>3. Основные направления повышения эффективности экстракторов, применяемых в промышленности.</p> <p>4. Основные направления повышения эффективности адсорберов, применяемых в промышленности.</p>

Для оценки знаний, умений, навыков студентов по дисциплине **«Процессы и аппараты»**

применяется бально-рейтинговая система оценки студента.

**1. Рейтинговая система** оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ФОС является текущий опрос в виде собеседования и сдачи реферата по предложенной преподавателем теме, за каждый правильный ответ магистрант получает 5 баллов (зачтено - 5, незачтено - 0), реферат оценивается по системе «зачтено»-«незачтено». Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

**2. Бальная система** служит для получения зачета по дисциплине. Максимальное число баллов за семестр – 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 50. Максимальное число баллов на зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

Студент, набравший в семестре менее 30 баллов, может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до зачета.

Студент, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем зачете не учитывается.

**Экзамен проводится в виде тестового задания и кейс-задачи.**

Тестовые задания могут включать следующие блоки, представленные в таблице:

<b>Блок</b>	<b>Тип задания</b>	<b>Задание, шт.</b>	<b>Баллы, ед.</b>	<b>Итого баллов, ед.</b>
<b>А</b>	Выбор одного правильного ответа	4	0,5	2
<b>Б</b>	Выбор нескольких правильных ответов	4	1,5	6
<b>В</b>	Задание на соответствие	3	2	6
<b>Г</b>	Задание - открытая форма	3	3	9
<b>Д</b>	Задание на указание правильной последовательности	3	4	12
<b>Е</b>	Кейс-задача	3	5	15
	<b>Итого:</b>	<b>20</b>		<b>50</b>

Максимальное количество заданий в билете – 20.

Максимальная сумма баллов – 50.

При частично правильном ответе **сумма баллов делится пополам.**

Для получения оценки «зачтено» суммарная балльно-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на зачете, **должна быть не менее 60 баллов.**

Тестовые задания, представленные в данном ФОС, включают следующие блоки, представленные в таблице:

Блок	Тип задания
А	Выбор одного правильного ответа
Б	Выбор нескольких правильных ответов
В	Задание на соответствие
Г	Задание - открытая форма
Д	Задание на указание правильной последовательности
Е	Кейс-задача

**Тема «Гидромеханические процессы. Отстаивание» Блок А**

**1. Система, состоящая из газообразной сплошной фазы и твердой дисперсной, называется**

- а) суспензия; б) эмульсия; в) туман;
- г) пыль.

**2. Отстаивание есть процесс разделения под действием силы**

- а) инерции; б) тяжести;
- в) центробежной;
- г) электрического поля.

**3. При движении тела в жидкости возникает сопротивление, которое зависит от**

- а) скорости движения тела;
- б) режима движения и формы обтекаемого тела; в) плотности среды и диаметра частицы;
- г) скорости движения тела, плотности среды и диаметра частицы.

**4. Производительность проектируемого отстойника можно увеличить**

- а) увеличивая высоту и площадь отстойника в плане, а также скорость осаждения; б) увеличивая площадь отстойника в плане;
- в) увеличивая объем отстойника;
- г) увеличивая скорость осаждения частиц и площадь отстойника в плане.

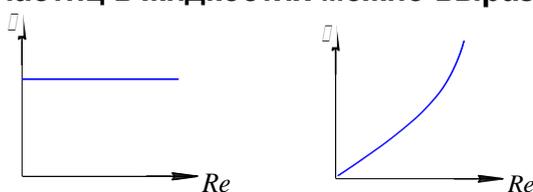
**5. Отстойные центрифуги для разделения эмульсий называются:**

- а) гомогенизаторами б) сепараторами
- в) классификаторами г) циклонами.

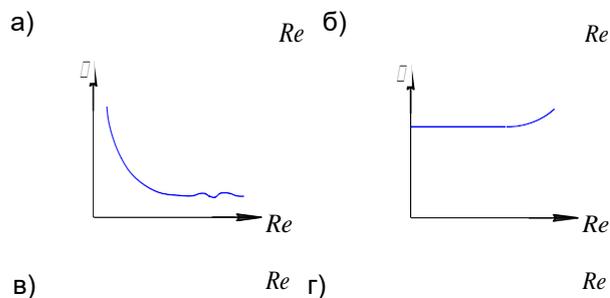
**6. Неоднородные системы классифицируются**

- а) по размерам частиц дисперсной фазы;
- б) по физическому состоянию фаз и размерам частиц дисперсной фазы; в) по физическому состоянию фаз;
- г) верный ответ не указан.

**7. Зависимость коэффициента сопротивления от критерия Рейнольдса при движении шарообразных частиц в жидкостях можно выразить (при**



$Re > 2 \cdot 10^5$ ):



8. Соотношение между критерием Рейнольдса и Архимеда при ламинарном режиме:

а)  $Re \propto \frac{Ar}{18}$ ; б)  $Re \propto 0,152Ar$

0,75

; в)  $Re \propto 1,74$

; г) верный ответ не указан.  $\sqrt{Ar}$

9. Скорость осаждения нешарообразной частицы по сравнению со скоростью осаждения шарообразных частиц при прочих равных условиях

а) больше;

б) меньше; в) равна.

10. Скорость осаждения частиц можно увеличить

а) повышая температуру суспензии;

б) увеличивая число оборотов мешалки отстойника;

в) уменьшая скорость потока жидкости через отстойник; г) верный ответ не указан.

11. Основной расчетной геометрической характеристикой отстойника является

а) высота отстойника; б) длина отстойника;

в) площадь поверхности отстойника в плане; г) верный ответ не указан.

12. Увеличение концентрации суспензии при разделении осаждением приводит:

а) к увеличению скорости осаждения; б) к уменьшению скорости осаждения; в) не изменяет значения скорости.

13. Гетерогенные технологические среды представляют собой системы, состоящие из

а) 2-х и более компонентов; б) 2-х и более фаз;

в) 2-х и более частиц материала.

14. При ламинарном режиме осаждения сила сопротивления  $R$  пропорциональна скорости  $w$

- а)  $R \sim w$ ;
- б)  $R \sim w^2$ ;
- ;
- в)  $R \propto const$ ;
- г)  $R \sim w^{1.4}$ .

15. Скорость осаждения при турбулентном режиме рассчитывается по формуле:

а)  $\frac{gd^2(\rho_r - \rho)}{18\mu}$ ;      б)  $\sqrt{\frac{4(\rho_r - \rho)gd}{3\xi\rho}}$ ;      в)  $\frac{gd^2(\rho_r - \rho)}{4\mu^2}$ ;      г)  $\frac{r}{\mu^2}$ .

где:  $W$  – скорость,  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости,  $\rho$  – плотность,  $d$  – диаметр ча-стицы.

16. При значительной концентрации твердых частиц в среде происходит стес-ненное оса-ждение, скорость которого по сравнению со скоростью свободного осаждения

- а) больше; б) меньше;
- в) равна.

17. Производительность отстойника не зависит от

- а) скорости осаждения; б) высоты отстойника;
- в) диа-метра отстойника.

18. На частицу при стационарном режиме гравитационного осаждения действуют

- а) сила тяжести, сила Архимеда, сила сопротивления;б) сила тяжести, сила сопротивления;
- в) сила тяжести, сила Архимеда, сила сопротивления, сила инерции;г) сила инерции, сила трения.

19. Ламинарный режим осаждения частицы существует, если критерий

- а)  $Ar > 83 \cdot 10^3$ ;
- б)  $36 > Ar < 83 \cdot 10^3$ ; в)  $Ar < 36$ ;
- г)  $Ar < 2$ .

20. Основной расчетной геометрической характеристикой отстойника является

а) длина отстойника; б) высота отстойника; в) объем отстойника ;

г) площадь отстойника в плане.

**21 Даны системы: суспензия, эмульсия, туман, раствор. Какая из этих систем состоит из несмешивающихся жидкостей**

а) суспензия; б) туман;

в) эмульсия; г) раствор.

**22. Скорость осаждения для частиц нешарообразной формы по сравнению со скоростью осаждения шарообразных частиц**

а) больше; б) меньше; в) равна.

**23. Скорость осаждения при ламинарном режиме рассчитывается по формуле:**

а)  $\frac{d^2 w}{4}$  ; б)  $\frac{m}{\rho^2}$  ; в)  $\frac{gd^2(\rho_m - \rho)}{18\rho}$  ; г)  $\sqrt{\frac{4(\rho_m - \rho)gd}{3\xi\rho}}$  .

**24. Каким образом можно увеличить производительность проектируемого отстойника**

- а) увеличивая площадь отстойника в плане; б) увеличивая объем отстойника;
- в) увеличивая высоту отстойника;
- г) увеличивая скорость осаждения частиц и площадь отстойника в плане.

**25. Аэрозоли состоят из:**

- а) смеси твердых частиц и жидкости;
- б) смеси газа с частицами твердого материала или каплями жидкости; в) смеси «жидкость в жидкости».

**26. При турбулентном режиме осаждения сила сопротивления  $R$  пропорциональна скорости  $w$  в степени**

- а)  $R \sim w^1$ ;
- б)  $R \sim w^2$ ;
- в)  $R \sim w^{1,4}$ ;
- г)  $R = \text{const}$ .

**27. Как изменится производительность отстойника, если температуру водной суспензии повысить с  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ? В обоих случаях  $Re < 2$ .**

$$v_{15^\circ} = 1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$v_{50^\circ} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

- а) производительность отстойника не изменится;
- б) производительность отстойника уменьшится в 2 раза; в) производительность отстойника увеличится в 2 раза; г) производительность отстойника увеличится в 4 раза.

**28. При значительной концентрации твердых частиц в среде происходит естественное осаждение, скорость которого по сравнению со скоростью свободного осаждения**

- а) меньше; б) больше;
- в) равна.

**29. Увеличение площади осаждения ведет к увеличению:**

- а) скорости осаждения;
- б) производительности отстойника; в) времени осаждения

**Блок Б**

**1. Неоднородными системами являются:**

- а) суспензия б) пыль
- в) газовая смесь г) раствор

**2. Отстаивание применяется главным образом для разделения:**

- а) суспензий; б) эмульсий; в) тумана;
- г) растворов; д) пыли;
- е) смеси газов.

### 3. Сопротивление, возникающее при движении тела в жидкости, зависит от

- а) скорости движения тела;  
 б) режима движения и формы обтекаемого тела; в) плотности среды и диаметра частицы.

### 4. На частицу, движущуюся в жидкости (газе), действуют силы:

- а) тяжести;  
 б) гидравлического сопротивления; в) архимедова;  
 г) центробежная.

## Блок В

### 1. Установите соответствие формулы для расчета коэффициента местного сопротивления и видом движения

1)  $\xi = 0,44$ ;      2)  $\xi = \frac{24}{Re}$ ;      3)  $\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$ .

- а) ламинарный режим; б) переходная область; в) турбулентный режим.

### 2. Установите соответствие формулы для расчета коэффициента местного сопротивления и диапазоном чисел Рейнольдса:

1)  $\xi = \frac{24}{Re}$       2)  $\xi = 0,44$       3)  $\xi = \frac{18,5}{Re^{0,6}}$

- а)  $Re < 2$ ;  
 б)  $Re > 500$ ;  
 в)  $2 < Re < 500$ .

### 3. Установить соответствие между формулой для расчета скорости осаждения и режимом движения.

1)  $w = \frac{gd^2(\rho_m - \rho)}{18\xi}$ ;      2)  $w_{ос} = 0,78 d^{0,43} (\rho_m - \rho)^{0,75}$ ;      3)  $w_{ос} = 5,46 \sqrt{\frac{d(\rho_m - \rho)}{\rho}}$

- а – ламинарный режим; б – переходная область;  
 в – турбулентный режим.

## Блок Г

№	Вопрос
1	Система, состоящая из жидкой сплошной фазы и твердой дисперсной, называется ... .

2.	Ламинарный режим осаждения частицы существует, если критерий Рейнольдса ... .
3.	Соотношение между критерием $Re$ и $Ar$ для турбулентного режима ( $Ar > 84000$ ) имеет вид ... .
4.	Технологические среды, состоящие из 2-х и более фаз, называются ... .
5.	При движении шарообразных частиц зависимость коэффициента сопротивления от критерия Рейнольдса при ламинарном режиме осаждения представлена выражением: ... .

### Блок Д

1. Установите в правильной последовательности следующие выражения: сила сопротивления, сила Архимеда, критерий Архимеда, скорость осаждения при ламинарном режиме:

а)  $\frac{\rho d^3 g}{6}$  ;

б)  $gd^3(\rho_1 - \rho_2)$  ;

в)  $\frac{gd^2(\rho_1 - \rho_2)}{18}$  ;

г)  $\rho \frac{d^2}{4} \frac{w^2}{2}$  .

## Тема «Гидродинамика зернистого слоя. Псевдооживление» Блок А

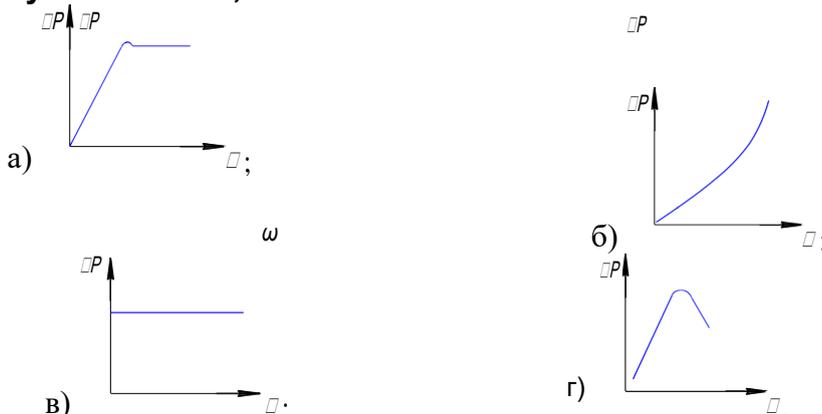
### 1. Начало псевдооживления наступает при

- а) равенстве силы гидравлического сопротивления слоя весу всех его частиц;  
 б) условию, что вес отдельной частицы уравнивается силой сопротивления, возникающей при обтекании частицы потоком;  
 в) условию, что вес всех частиц больше гидравлического сопротивления слоя; г) условию, что вес всех частиц меньше гидравлического сопротивления слоя.

### 2. Сопротивление неподвижного зернистого слоя при увеличении скорости жидкости в 2 раза, если движение жидкости через слой ламинарное

- а) остается постоянным; б) увеличивается в 2 раза; в) уменьшается в 2 раза; г) увеличивается в 4 раза.

### 3. В аппарате на решетке находится слой зернистого материала. Как изменится перепад давлений $\Delta P$ на слое, если скорость газа $w$ через слой непрерывно увеличивать, начиная от $w = 0$ .



### 4. Сопротивление псевдооживленного слоя при увеличении скорости газа в 2 раза (слой остается в псевдооживленном состоянии)

- а) остается постоянным; б) увеличится в 2 раза; в) увеличится в 4 раза; г) уменьшится в 2 раза.

### 5. При переходе зернистого слоя в псевдооживленное состояние площадь межфазового контакта

- а) уменьшается; б) увеличивается; в) не изменяется.

### 6. Сопротивление неподвижного зернистого слоя при увеличении скорости жидкости через слой в 3 раза в автомобильной области турбулентного режима движения жидкости в зернистом слое

- а) остается постоянным; б) увеличивается в 3 раза; в) увеличивается в 9 раз;  
 г) уменьшается в 3 раза.

### 7. Гидравлическое сопротивление псевдооживленного зернистого слоя

- а)  $\Delta p \propto \frac{l}{d_s^2}$ ; б)  $\Delta p \propto \frac{133}{Re} \propto 2,3$ ; в)  $\Delta p \propto g \rho_m \propto 1 \propto H$ .

### 8. Порозность это:

- а) поверхность элементов, находящихся в единице объема, занятого слоем;
- б) объем свободного пространства между частицами в единице объема, занятого слоем;
- в) суммарное поперечное сечение каналов в зернистом слое; г) правильный ответ не указан.

### 9. Гидравлический коэффициент трения рассчитывают по формуле

- а)  $\lambda = \frac{64}{Re}$  ;
- б)  $\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$  ;
- в)  $\lambda = \frac{0,074}{Re^{0,25}}$  ;
- г)  $\lambda = \frac{0,046}{Re^{0,2}}$  .

е

$$\frac{V_{me}}{V_{ce}} \propto a \quad Re$$

**10. Сопротивление слоя зернистого материала, находящегося в псевдооживленном состоянии, при увеличении расхода газа через слой**

- а) увеличивается;
- б) остается постоянным; в) уменьшается;
- г) верный ответ не указан.

**11. Сопротивление неподвижного зернистого слоя при увеличении скорости жидкости через слой в 3 раза в автомобильной области турбулентного режима движения жидкостей в зернистом слое**

- а) остается постоянным; б) увеличивается в 3 раза; в) увеличивается в 9 раз; г) уменьшается в 3 раза.

**12. Витание частиц наступает при:**

- а) равенстве силы гидравлического сопротивления слоя весу всех его частиц;
- б) условии, что вес отдельной частицы уравнивается силой сопротивления, возникающей при обтекании частиц потоком;
- в) условии, что вес всех частиц больше гидравлического сопротивления слоя; г) условии, что вес всех частиц меньше гидравлического сопротивления слоя.

**13. Высота псевдооживленного слоя зернистого материала при увеличении расхода газа через слой (до начала уноса)**

- а) увеличивается;
- б) остается постоянной; в) уменьшается;
- г) верный ответ не указан.

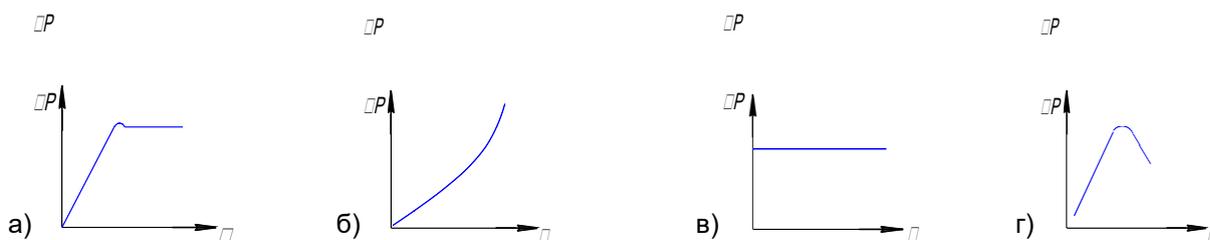
**14. Сопротивление неподвижного зернистого слоя при увеличении скорости жидкости через слой в 4 раза, если движение газа через слой ламинарное,**

- а) остается постоянным; б) увеличивается в 4 раза; в) увеличивается в 16 раз; г) уменьшается в 4 раза.

**15. Действительная  $w$  и фиктивная  $w_0$  скорости в зернистом слое связаны соотношением**

- а)  $w \propto \frac{w_0}{\rho}$  ;
- б)  $w \propto w_0 \rho$  ;
- в)  $w \propto w_0$  .

**16. Характер изменения гидравлического сопротивления зернистого слоя при всех режимах**



**17. Уравнение для гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя, где  $l$  – высота зернистого слоя;**

$d_{\text{э}}$  – эквивалентный диаметр каналов;

$w$  – скорость;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления;

$\rho$  – плотность.

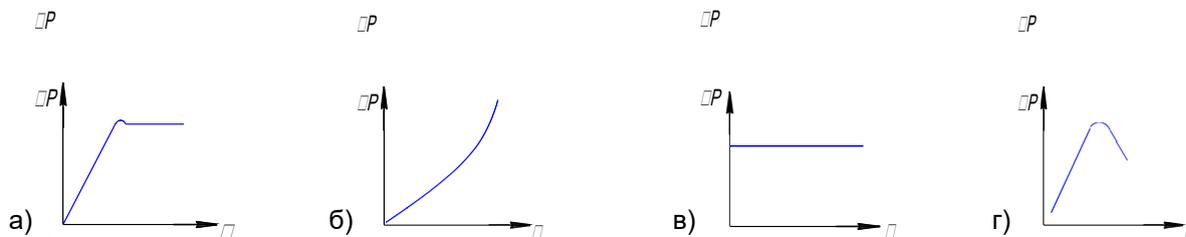
а)  $\frac{133}{\text{Re}} \approx 2,3;$

б)  $\approx \frac{l}{d_{\text{э}}} \frac{w^2}{2};$

$$в) \frac{\rho w^2}{2};$$

$$г) \frac{I \rho w}{d_s^2}.$$

**18. Характер изменения гидравлического сопротивления зернистого слоя при всех режи-мах**



**19. Сопротивление неподвижного зернистого слоя при уменьшении расхода газа через слой в 2 раза в автомодельной области турбулентного режима движения газа в зернистом слое**

- а) остается постоянным; б) увеличивается в 2 раза; в) уменьшается в 2 раза; г) уменьшается в 4 раза.

**20. Витание частиц наступает при:**

- а) равенстве силы гидравлического сопротивления слоя весу всех его частиц;  
 б) условию, что вес отдельной частицы уравнивается силой сопротивления, возникающей при обтекании частиц потоком;  
 в) условию, что вес всех частиц больше гидравлического сопротивления слоя; г) условию, что вес всех частиц меньше гидравлического сопротивления слоя.

**21. Скорость свободного витания по сравнению со скоростью осаждения частицы**

- а) больше; б) меньше; в) равны;  
 г) правильный ответ не указан.

**22. Сопротивление слоя зернистого материала, находящегося в псевдооживленном состоянии, при увеличении расхода газа через слой**

- а) увеличивается; б) уменьшается;  
 в) остается постоянным; г) верный ответ не указан.

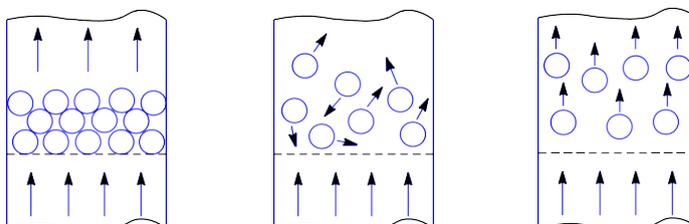
**23. Удельная поверхность – это:**

- а) объем свободного пространства между частицами в единице объема, занятого слоем; б) суммарное поперечное сечение каналов в зернистом слое;  
 в) поверхность элементов, находящихся в единице объема, занятого слоем;  
 г) правильный ответ не указан.

**24. Полидисперсный зернистый слой представляет собой**

- а) совокупность большого количества твердых частиц различной геометрической формы и размера;  
 б) совокупность большого количества твердых частиц одной геометрической формы и размера.

**25. Псевдооживленный слой**



а) б) в)

**26. Гидравлическое сопротивление зернистого слоя характеризуется**

- а) увеличение удельной механической энергии потока; б) уменьшение удельной механической энергии потока;  
в) уменьшение величины объемного (массового) расхода.

**27. При увеличении объемного расхода жидкости через неподвижный зернистый слой гидравлическое сопротивление**

- а) уменьшается; б) увеличивается; г) не изменяется.

**28. Псевдооживление зернистого слоя наступает при равенстве**

- а) действительной и фиктивной скоростей;  
б) силы гидравлического сопротивления и веса частиц;  
в) силы гидравлического сопротивления и веса наибольшей частицы слоя.

**29. Гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя с увеличением объемного расхода жидкости или газа**

- а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется.

**30. При переходе зернистого слоя в псевдооживленное состояние площадь межфазового контакта**

- а) уменьшается; б) увеличивается; в) не изменяется.

**Блок Б**

**1. При переходе зернистого слоя в псевдооживленное состояние увеличивается**

- а) порозность; б) высота слоя;  
в) гидравлическое сопротивление.

**Блок Г**

№	Вопрос
1	Порозность зернистого слоя при следующих данных: общий объем слоя – $10 \text{ м}^3$ , объем твердых частиц в слое – $4 \text{ м}^3$ равна ... .
2	Эквивалентный диаметр каналов в зернистом слое можно рассчитать по формуле ... .
3	По формуле $g \square \square_m \square \square \square \square 1 \square \square \square H \square \square p$ рассчитывают сопротивление зернистого слоя в режиме ... .

4	Величина порозности зернистого слоя, если общий объем слоя равен $20 \text{ м}^3$ , свободный объем слоя – $5 \text{ м}^3$ равна ... .
5	Сопrotивление зернистого слоя рассчитывают по формуле $\frac{\rho_p \rho_s}{d_s^2}$ в режиме
6	Сопrotивление зернистого слоя в режиме псевдооживления рассчитывают по формуле ... .
7	Численная величина порозности зернистого слоя, если объем твердых частиц в слое $6 \text{ м}^3$ , свободный объем слоя $4 \text{ м}^3$ ... .

## Тема «Фильтрация»

### Блок А

#### 1. Фильтрация применяется для разделения

а) гомогенных технологических сред; б) гетерогенных технологических сред; в) многокомпонентных растворов.

#### 2. Движущей силой процесса фильтрации является **разность концентраций**

а) разность температур; б) разность давлений; в) разность плотностей.

#### 3. Уравнение для расчета гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя, если

$\Delta P$  – перепад давлений,

$\lambda$  – общий коэффициент гидравлического сопротивления,

$H$  – высота слоя,

$\rho, \mu$  – плотность и вязкость фильтрата,

$w$  – действительная скорость движения фильтрата в зернистом слое,

$R_{oc}, R_{\phi}$  – сопротивления осадка и фильтровальной перегородки,

$V$  – количество фильтрата,

$S$  – площадь поверхности фильтрации,  $t$  – продолжительность

фильтрации. а)  $\Delta P = \frac{R_{oc} + R_{\phi}}{Sd} dV$ ;

б)  $\Delta P = \frac{Sd}{H} w^2$ ;

в)

в)  $\Delta P = \frac{d_s^2}{133} w^2$ ;

г)  $\frac{dV}{Sd} = \frac{R_{oc} + R_{\phi}}{(R_{oc} + R_{\phi})^{2,3}} P^{2,3}$

#### 4. Скорость фильтрации при подаче суспензии на фильтр центробежным насосом при постоянном избыточном давлении на нагнетательной линии насоса

а) остается постоянной;

б) с течением времени уменьшается;

в) сначала увеличивается, а потом остается постоянной; г) увеличивается.

#### 5. Фильтрация применяется для разделения

а) гомогенных технологических сред; б) гетерогенных сред;

в) многокомпонентных растворов; г) правильный ответ не приведен.

#### 6. Правильная запись основного дифференциального уравнения фильтрации, если

$\Delta P$  – разность давлений,

$R_{oc}, R_{\phi}$  – сопротивления осадка и фильтровальной перегородки,

$V$  – объем фильтрата,

$S$  – площадь поверхности фильтрации,

$\tau$  – продолжительности фильтрования.

а)  $\frac{dV}{d\tau} \propto \frac{P}{R}$  ; б)  $\frac{dV}{d\tau} \propto \frac{P}{R} \cdot \frac{R}{Sd}$  ; в)  $\frac{dV}{d\tau} \propto \frac{P}{R}$  ; г)  $\frac{dV}{d\tau} \propto \frac{P}{R} \cdot \frac{R}{Sd}$  .

### 7. Скорость фильтрования пропорциональна

а) поверхности фильтрования и обратно пропорциональна вязкости;

б) концентрации твердых частиц в разделяемой суспензии и обратно пропорциональна удельному сопротивлению осадка;

в) движущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению фильтрования; г) движущей силе и обратно пропорциональна размеру частиц суспензии.

**8. Сколько фильтрата образуется при фильтровании 400 кг суспензии с концентрацией твердой фазы 10 % масс, если влажность получаемого осадка 60 % масс**

- а) 100 кг;
- б) 334 кг;
- в) 300 кг;
- г) 200 кг.

**9. Скорость фильтрования при постоянном перепаде давления, с увеличением слоя осадка**

- а) остается постоянной;
- б) с течением времени увеличивается; в) с течением времени уменьшается;
- г) в начале остается постоянной, потом уменьшается.

**10. Перепад давлений при подаче суспензии на фильтр поршневым насосом постоянной производительности**

- а) остается постоянным; б) непрерывно растет;
- в) непрерывно уменьшается;
- г) вначале остается постоянным, потом увеличивается.

**11. Сколько фильтрата образуется при фильтровании 100 кг суспензии с концентрацией твердой фазы 10 % масс., если влажность получаемого осадка 66 % масс.**

- а) 25 кг;
- б) 83,5 кг;
- в) 30 кг;
- г) 70 кг.

**12. Скорость фильтрования суспензий с увеличением температуры**

- а) уменьшается; б) увеличивается; в) не изменяется.

**13. Движущая сила процесса фильтрования – это**

- а) разность давлений над слоем осадка и под фильтрующей перегородкой; б) давление над слоем осадка;
- в) давление под фильтрующей перегородкой;
- г) разность между давлением под фильтрующей перегородкой и атмосферным давлением.

**14. Основным технологическим показателем фильтровальных перегородок являются**

- а) площадь; б) толщина;
- в) задерживающая способность; г) внешний вид.

**15. Основное дифференциальное уравнение фильтрования**

а)  $\frac{dV}{dt} = \frac{P \Delta p}{\mu R} \left( \frac{V}{A} + w \right)$  ; б)  $\frac{dV}{dt} = \frac{P \Delta p}{\mu R} \left( \frac{V}{A} + w \right)$

$$\frac{1}{W^2}$$

$$\frac{P}{d} \operatorname{Re} \left[ \frac{2,3}{,2} \right]$$

$$d_3 \cdot 2$$

$$в) \frac{dV}{Sd} = \frac{P}{R_{oc} R_{\phi}}$$

$$г) \frac{dV}{Sd} = \frac{P}{R_{oc} R_{\phi}}$$

**16. Перепад давления  $\Delta P$  при постоянной скорости фильтрования с увеличением слоя осадка необходимо**

- а) увеличивать; б) уменьшать;
- в) не изменять.

**17. Скорость при гидростатическом фильтровании с постоянным столбом жидкости надфильтрующей перегородкой**

- а) увеличивается;
- б) остается постоянной;
- в) с течением времени уменьшается;
- г) сначала увеличивается, потом остается постоянной.

**18. Доля пустот в единице объема осадка называется**

- а) удельной поверхностью; б) гидравлическим радиусом; в) порозностью;
- г) эквивалентным диаметром.

**19. Скорость фильтрования пропорциональна**

- а) движущей силе и обратно пропорциональна сопротивлению фильтрования; б) поверхности фильтрования и обратно пропорциональна вязкости;
- в) концентрации твердых частиц в разделяемой суспензии и обратно пропорциональна удельному сопротивлению осадка;
- г) движущей силе и обратно пропорциональна размеру частиц суспензии.

**20. Сопротивление слоя осадка можно рассчитать по формуле**

$$а) \frac{dV}{Sd} = \frac{P}{R}$$

$$б) \frac{l}{d_s^2} = \frac{P}{R}$$

$$в) \frac{h}{d_s^2} = \frac{P}{R} \cdot \frac{1}{w^{oc} \phi}$$

$$г) \frac{133}{Re} = 2,3$$

**21. Для увеличения скорости процесса фильтрования суспензии ее следует**

- а) подогревать; б) охлаждать;
- в) температура не влияет на скорость фильтрования.

**22. Порозность осадка – это**

- а) объем свободного пространства между частицами;
- б) поверхность частиц, находящаяся в единице объема, занятого осадком;
- в) отношение свободного пространства между частицами к объему, занимаемому самими частицами;
- г) отношение объема пор к объему осадка.

**23. Основным технологическим показателем фильтровальных перегородок является**

- а) площадь; б) толщина;
- в) задерживающая способность; г) внешний вид.

**24. Основное дифференциальное уравнение фильтрования:**

$$а) \frac{dV}{Sd} = \frac{P}{R}$$

$$б) \frac{1}{d_s^2} = \frac{P}{R}$$

$w^2$  ;

в)  $\frac{133}{d^2}$

$l w^2$

$Sd$   $R$

$P$   $d^2$

$P$   $2,34$   $d^2$   
 $Re$

**25. Скорость фильтрования (при  $\Delta P = \text{const}$ ) по мере увеличения объема фильтрата**

а) уменьшается;

б) вначале увеличивается, а потом остается постоянной; в) увеличивается;

г) не зависит от объема фильтрата.

**26. Доля пустот в единице объема осадка называется**

а) удельной поверхностью; б) гидравлическим радиусом; в) порозностью.

**27. Сопротивление слоя осадка зависит от**

а) высоты осадка, объема фильтрата, удельного сопротивления осадка; б) высоты осадка, порозности, удельной поверхности частиц;

в) вязкости жидкости, порозности и высоты осадка; г) высоты осадка, удельного сопротивления осадка.

### 28. Основное дифференциальное уравнение фильтрования, если

$\Delta P$  – разность давлений,

$V$  – объем фильтрата,

$S$  – площадь поверхности фильтрования,

$t$  – продолжительность фильтрования,

$\mu$  – вязкость фильтрата,

$h_0$  – толщина слоя осадка,

$r_0$  – удельное сопротивление осадка.

а)  $\frac{dV}{S dt} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{\phi} + R_{oc})}$ ;

б)  $\frac{dV}{S dt} = \frac{\Delta P}{\mu R_{\phi} + r_0}$ ;

в)  $\frac{dV}{S dt} = \frac{\mu R_{\phi} + R_{oc}}{\Delta P}$ ;

г)  $\frac{dV}{S dt} = \frac{\Delta P}{\mu R_{\phi} + R_{oc}}$ .

### 29. Разность давлений над осадком и под фильтровальной перегородкой – это

а) движущая сила;

б) сопротивление перегородки; в) сопротивление осадка;

г) общее сопротивление.

### 30. Скорость фильтрования суспензии с увеличением температуры

а) уменьшается; б) увеличивается; в) не изменяется.

## Блок Б

### 1. Фильтры непрерывного действия

а) барабанный вакуум-фильтр, б) дисковый вакуум-фильтр, в) нутч-фильтр,

г) рамный фильтр-пресс.

### 2. Фильтровальные перегородки бывают:

а) сжимаемые, б) несжимаемые,

в) поверхностные, г) глубинные

### 3. Какие из фильтров являются фильтрами периодического действия:

а) рамный фильтр-пресс;

б) барабанный вакуум-фильтр; в) нутч-фильтр;

г) ленточный вакуум-фильтр.

**4. Какие из фильтров являются фильтрами периодического действия:**

а) ленточный вакуум-фильтр; б)  
дисковый вакуум-фильтр; в) рам-  
ный фильтр-пресс;

- г) нутч-фильтр;
- д) барабанный вакуум-фильтр.

**5. Осадки бывают**

- а) поверхностные;
- б) глубинные;
- в) сжимаемые;
- г) несжимаемые.

**Блок Г**

<b>№</b>	<b>Вопрос</b>
1	При фильтровании разность давлений над осадком и фильтровальной перегородкой – это ... .
2	... кг фильтрата образуется при фильтровании 1000 кг суспензии концентрацией твердой фазы 10 % масс., если влажность получаемого осадка 60 % масс.

Тема «Формообразова-  
ние» Блок А

**1. Какой из перечисленных процессов формования применяют в пище концентратном, хлебопекарном, кондитерском и макаронном производствах для придания изделию заданной формы?**

- а) брикетирование; б) формование;  
в) обезвоживание под давлением.

**2. Какой вид экструзии применяется при выработке мучных изделий, макарон, плавленых сырков?**

- а) холодная; б) теплая;  
в) горячая.

**3. Какой вид экструзии применяется при выработке конфетных масс и мясного фарша?**

- а) холодная; б) теплая;  
в) горячая.

**4. Какой вид экструзии применяется для частичной клейстеризации крахмалосодержащих материалов?**

- а) холодная; б) теплая;  
в) горячая.

**5. Что является основным узлом гидравлического пресса?**

- а) шнек;  
б) рабочий цилиндр;  
в) прессующие ролики; г) матрица.

**6. Укажите формулу по которой рассчитывается коэффициент уплотнения.  $V_4$  - объем**

**прессуемого продукта,  $m^3$ ;  $V_4$  - объем брикета,  $m^3$**

а)  $\frac{V_4}{V_3}$ ; б)  $\frac{V_3}{V_4}$ ; в)  $\frac{V_3}{V_4}$ ; г)  $\frac{V_3}{V_4}$ .

**7. Как изменится коэффициент уплотнения, если необходимо увеличить содержание влаги в брикетированном жоме?**

- а) не изменится; б) уменьшится; в) увеличится.

**8. Влияет ли химический состав продуктов на прочность брикетов?**

- а) да;  
б) нет.

**9. По какому признаку экструдеры подразделяют на дисковые, поршневые, винтовые, многошнековые?**

- а) по физическому признаку; б) по типу рабочего органа; в) по рабочему давлению;

г) по термодинамическим свойствам.

**10. По какому признаку экструдеры подразделяют на автогенные, изотермические и по-литропные?**

а) по физическому признаку; б) по типу рабочего органа; в) по рабочему давлению;



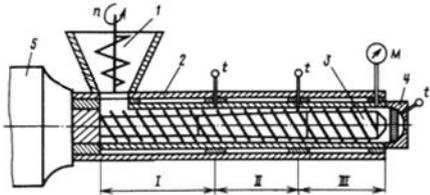
**19. Как называется рабочий орган, содержащий фильеры?**

а) шнек;

б) матрица;

в) распределитель материала; г)  
прессующий ролик.

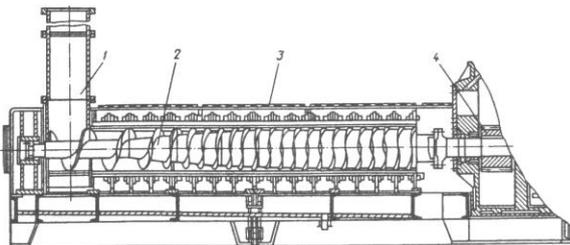
20. Укажите соответствует ли изображенная на рисунке схема – схеме работы дискового пресса?



- а) да;
- б) нет.

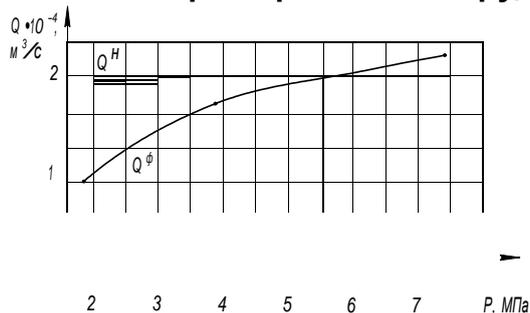
21. Укажите схема какого пресса изображена на рисунке:

- а) пневматический;б)
- ротационный;
- в) шнековый;



- г) гидравлический.

22. Какая характеристика экструдера изображена на рисунке?



- а) напорная характеристика;
- б) аэродинамическая характеристика; в) расходно-напорная характеристика;г) гидродинамическая характеристика.

## Блок Б

1. Что происходит при большой продолжительной выдержке продукта под давлением?

- а) возрастание напряжений в продукте;
- б) снижение коэффициента упругого расширения брикета;в) релаксация напряжений в продукте.

2. Какие технологические параметры влияют на процесс экструзии?

- а) температура;б)
- давление;
- в) влажность;

г) частота вращения рабочего органа.

**3. Какие деформации преобладают на второй стадии процесса уплотнения?**

а) упругие;б)

хрупкие;

в) пластичные.

**4. Какие деформации преобладают на второй стадии процесса уплотнения?**

- а) упругие;б)  
хрупкие;  
в) пластичные.

### Блок В

#### 1. Укажите соответствие температур и рабочих зон процесса экструзии:

- 1) 20...40 °С;
- 2) 80...120 °С;
- 3) 100...200 °С.

- а) дозирование;  
б) сжатие;  
в) питание.

### Блок Г

№	Вопрос
1	... - это технологический процесс обработки крахмалосодержащего сырья комплексным воздействием на него влаги, температуры, давления и напряжения сдвига с целью направленного изменения физико-химических свойств сырья и получения как полуфабрикатов, так и продуктов, готовых к употреблению.
2	Двухшнековые экструдеры с незацепляющимися шнеками применяются в процессах ... экструзии.

## Тема «Сортирование и калибрование» Блок А

### 1. Сортирование – это...

а) разделение различных продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе; б) процесс отделения посторонних примесей из исходного сыпучего продукта;

в) процесс разделения смесей различных сыпучих продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе;

г) процесс разделения сыпучих продуктов на фракции, различающихся физическими и геометрическими размерами; при этом для разделения используют следующие признаки: плотность частиц, линейные размеры, аэродинамические и ферромагнитные свойства, состояние поверхности.

### 2. Калибрование – это...

а) разделение различных продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе; б) процесс отделения посторонних примесей из исходного сыпучего продукта;

в) процесс разделения смесей различных сыпучих продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе;

г) процесс разделения сыпучих продуктов на фракции, различающихся физическими и геометрическими размерами; при этом для разделения используют следующие признаки: плотность частиц, линейные размеры, аэродинамические и ферромагнитные свойства, состояние поверхности.

### 3. Сепорирование – это...

а) разделение различных продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе; б) процесс отделения посторонних примесей из исходного сыпучего продукта;

в) процесс разделения смесей различных сыпучих продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе;

г) процесс разделения сыпучих продуктов на фракции, различающихся физическими и геометрическими размерами; при этом для разделения используют следующие признаки: плотность частиц, линейные размеры, аэродинамические и ферромагнитные свойства, состояние поверхности.

### 4. Очистка – это...

а) разделение различных продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе; б) процесс отделения посторонних примесей из исходного сыпучего продукта;

в) процесс разделения смесей различных сыпучих продуктов на фракции с одинаковыми размерами по форме и массе;

г) процесс разделения сыпучих продуктов на фракции, различающихся физическими и геометрическими размерами; при этом для разделения используют следующие признаки: плотность частиц, линейные размеры, аэродинамические и ферромагнитные свойства, состояние поверхности.

### 5. Как называются сепараторы разделяющие смесь по ширине, толщине и форме поперечного сечения частиц ?

а) воздушные; б) ситовые;

в) фракционные; г) оптические.

### 6. Какие сепараторы используют для разделения смесей по ширине, толщине и аэродинамическим свойствам?

а) воздушные;

б) воздушно-ситовые; в) оптические;

г) электростатические.

### 7. Какие сепараторы используют для разделение смесей по аэродинамическим свойствам?

- а) воздушные;
- б) воздушно-ситовые; в) фракционные;
- г) оптические.

**8. Что понимается под производительностью сепаратора?**

- а) количество исходной смеси, которое способен принять сепаратор в единицу времени при оптимально режиме работы, обеспечивающем высокое качество разделяемых фракций;
- б) количество материала, извлекаемого в единицу времени с единицы площади поверхности разделения простого сепаратора;
- в) подача на единицу площади простого сепаратора.

**9. Укажите название классификатора, который используется для сортирования зеленого горошка, основанный на разнице скоростей осаждения продукта?**

- а) механический; б) вибрационный; в) гидравлический; г) барабанный.

**10. Как называется способ очистки зерна от примесей отличающихся от основной культуры аэродинамическими свойствами?**

- а) гидравлический; б) пневматический; в) механический.

**11. Какие сепараторы используются для отделения металломагнитных примесей?**

- а) вибрационные;
- б) вибропневматические; в) магнитные;
- г) триерные.

**12. Какая из перечисленных характеристик, не может быть использована для описания просеивающих сит?**

- а) рабочий размер; б) форма отверстий;
- в) коэффициент живого сечения; г) коэффициент заполнения.

## Тема «Измельче- ние» Блок А

**1. Применяются ли измельчение в пищевой промышленности для увеличения поверхноститвердых материалов с целью интенсификации массообменных процессов?**

а) да; б) нет.

**2. Что не относится к критериям оценки эффективности процесса измельчения:**

- а) степень измельчения;
- б) температура нагрева продуктов в процессе измельчения; в) удельная энергоемкость процесса;
- г) удельная нагрузка на рабочий орган.

**3. По какой формуле рассчитывается степень измельчения?**

а)  $i = \frac{D}{d}$ ; б)  $i = \sqrt[3]{\frac{3}{\pi} \frac{V}{bh}}$ ; в)  $i = \frac{S_H}{S_K}$ ; г)  $i = \frac{A}{S_K \cdot S_H}$

**4. Измельчение – это...**

- а) процесс механического воздействия на продукт рабочими органами, приводящий к преодолению сил взаимного сцепления;
- б) процесс механического воздействия на продукт рабочими органами, приводящие к разрушению продукта;
- в) процесс механического воздействия на продукт рабочими органами, приводящий к преодолению сил взаимного сцепления и разрушению продукта под действием внешних нагрузок, а также к увеличению поверхности твердых материалов.

**5. Какие напряжения преобладают при раскалывании продуктов?**

- а) изгибающие; б) сжатия;
- в) сдвига.

**6. Какие напряжения возникают в процессе резания?**

- а) изгибающие; б) сжатия;
- в) сдвига.

**7. Какие напряжения возникают в процессе раздавливания продукта?**

- а) изгибающие; б) сжатия;
- в) сдвига.

**8. Укажите какое уравнение выражает гипотезу дробления Кика-Кирпичева?**

- а)  $i = k \cdot V$
- ; б)  $i = k \cdot S$
- ;
- в)  $i = k_3 \sqrt{D^3 D^2}$

**9. Укажите какое уравнение выражает гипотезу Риттингера?**

- а)  $i = k \cdot V$
- ; б)  $i = k \cdot S$
- ;
- в)  $i = k_3 \sqrt{D^3 D^2}$

**10. Как называется процесс измельчения жидких и пюреобразных пищевых продуктов за счет пропуска под большим давлением с высокой скоростью че-**

**рез узкие кольцевые щели?**

а) протирание;

б) финиширование; в)  
гомогенизация.

**11. Измельчение в открытых циклах проводят для ... дробления.**

- а) тонкого; б) крупного; в) среднего;
- г) крупного и среднего.

**12. На что влияет правильность построения процесса измельчения?**

- а) на рациональное использование сырья; б) на качество получаемых продуктов;
- в) на производительность измельчающих машин; г) на удельный расход энергии;
- е) на все перечисленное; д) нет правильного ответа.

**16. При чрезмерном измельчении ... производительность машин.**

- а) снижается; б) повышается;
- в) не изменятся;
- г) нет правильного ответа.

**17. При чрезмерном измельчении ... расход энергии.**

- а) снижается; б) повышается;
- в) не изменятся;
- г) нет правильного ответа.

**18. При чрезмерном измельчении ... себестоимость продукции.**

- а) снижается; б) повышается;
- в) не изменятся;
- г) нет правильного ответа.

**19. Верно ли утверждение, что работа дробления одного куска пропорциональна средне-геометрическому из его объема и поверхности?**

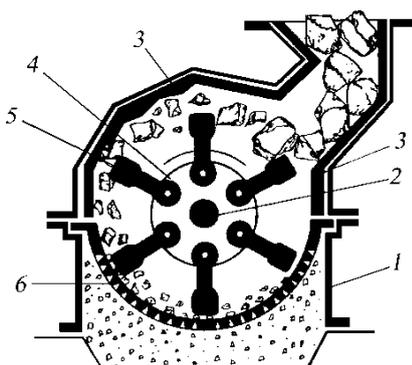
- а) да;
- б) нет.

**20. Укажите какой зависимостью выражается степень измельчения зерна и его частиц в вальцовом станке:**

- а)  $k_{\text{и}} \propto \frac{Ae}{b}$  ;
- б)  $k_{\text{и}} \propto \frac{Ae}{B}$  ;
- в)  $k_{\text{и}} \propto Ae^{0.5B}$  .

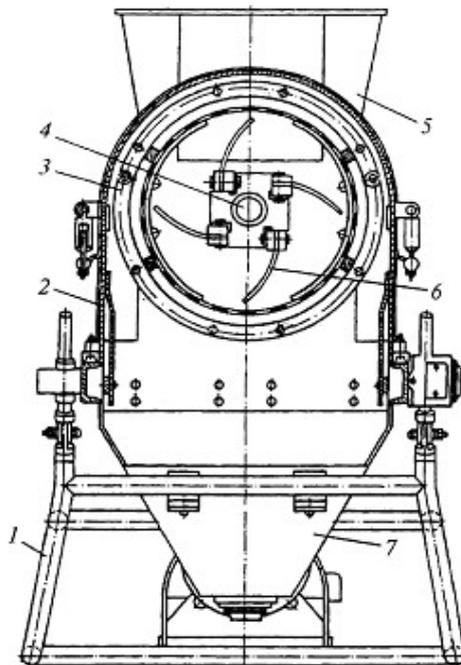
**21. Укажите правильное название измельчающей машины, представленной на рисунке.**

- а) молотковая дробилка; б) дисмембратор;
- в) протирачная машина; г) ножевая дробилка;
- д) гомогенизатор.



**22. Укажите правильное название измельчающей машины, представленной на рисунке.**

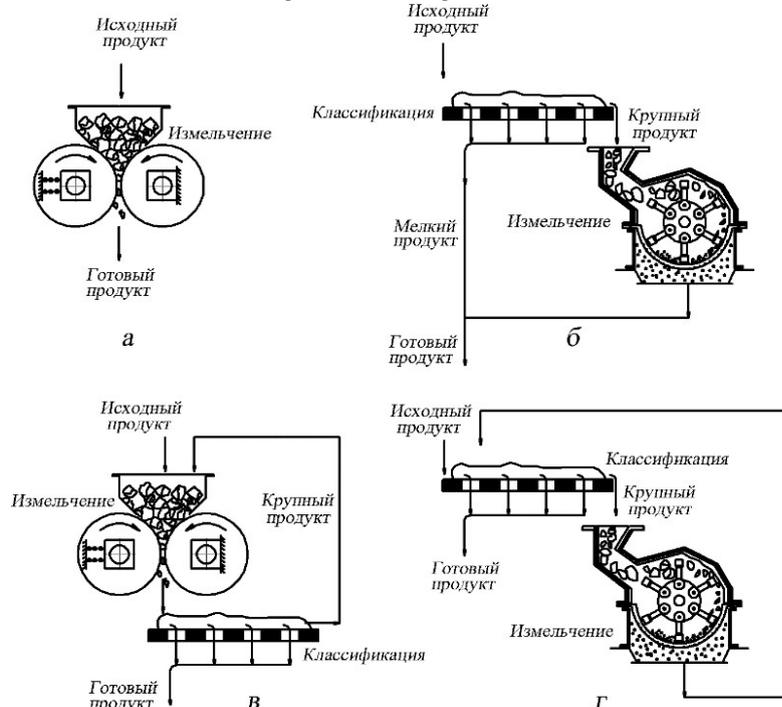
- а) молотковая дробилка;б) диссембратор;
- в) протилочная машина;г) ножевая дробилка;
- д) гомогенизатор.



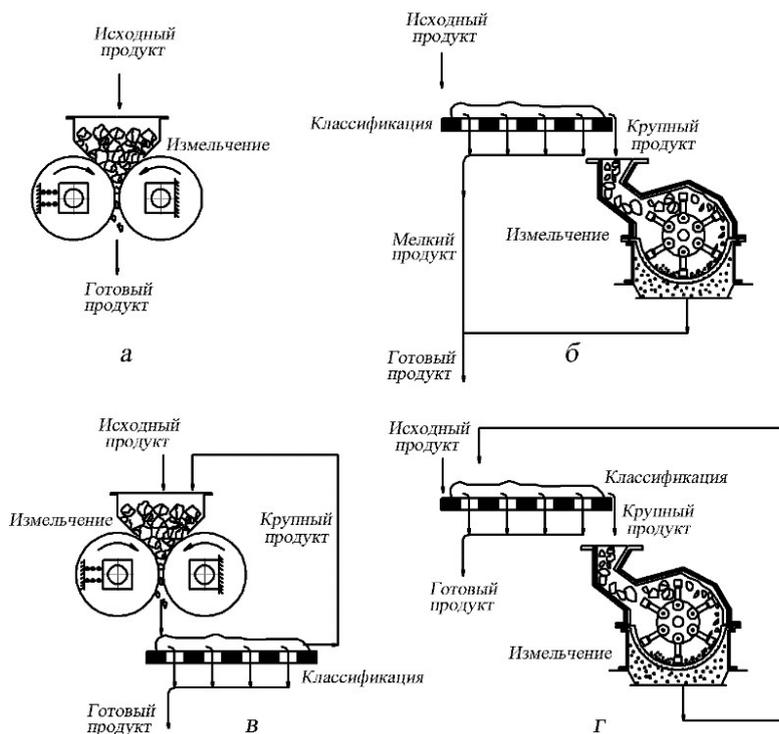
**23. Как называются штифтовые мельницы с двумя вращающимися дисками?**

- а) диссембраторы;б) дезинтеграторы;
- в) нет правильного ответа.

**24. Укажите на какой из схем изображен открытый цикл измельчения**



**25. Укажите на какой из схем изображен замкнутый цикл измельчения**



## лок Б

### 1. Какие принципы разрушения пищевых продуктов сочетаются в вальцовых станках?

- а) сжатие; б) сдвиг; в) удар;
- г) истирание.

### 2. Какие принципы разрушения пищевых продуктов сочетаются в бичевых машинах?

- а) сжатие; б) сдвиг; в) удар;
- г) истирание.

### 3. Какие процессы совмещают в куттерах?

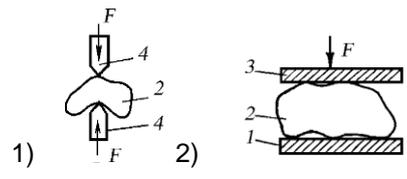
- а) измельчение;
- б) перемешивание; в) выпаривание;
- г) калибрование.

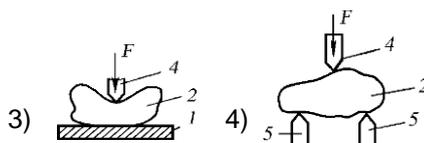
### 4. От каких параметров зависят затраты энергии на измельчение продуктов?

- а) физико-механических свойств измельчаемого продукта; б) геометрических параметров;
- в) степени измельчения;
- г) выбранного способа измельчения.

## Блок В

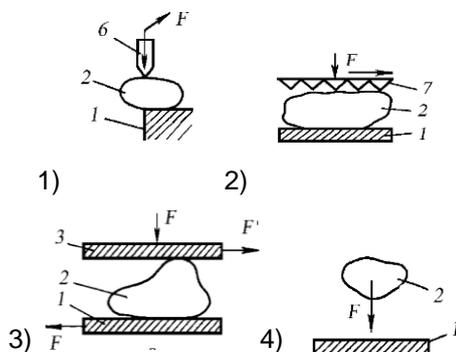
### 1. Приведите в соответствие название и схемы способов измельчения продуктов.





- а) раздавливание;  
 б) раскалывание между клинообразными рабочими элементами;в) разламывание;  
 г) раскалывание с опорной плитой.

**2. Приведите в соответствие название и схемы способов измельчения продуктов.**



- а) измельчение при свободном ударе;б) истирание;  
 в) распиливание;г) резание.

**Блок Г**

№	Вопрос
1	Гипотеза ... гласит: затраты энергии на измельчение какого-либо продукта для получения конечного продукта, состоящего из частиц определенной дисперсности, расходуются на объемную деформацию разрушаемых кусков и образование новых поверхностей.
2	Измельчение в замкнутых циклах применяется для ... дробления.

## Тема «Перемешивание»

### Блок А

**1. Критерий Рейнольдса для процессов перемешивания равен:**

а)  $K_N \propto n^3 d^5$ ;    б)  $\propto nd^2$ ;    в)  $\frac{\rho}{nd}$ ;    г)  $\frac{nd}{g}$ .

**2. Критерий Эйлера является мерой отношения ...**

$$E_v \propto \frac{P}{\rho n^2 d^5}$$

где

$P$  – давление;

$\rho$  – плотность;

$n$  – частота вращения мешалки;

$d$  – диаметр мешалки.

а) сил инерции к силам вязкости; б) сил тяжести к силам инерции; в) сил давления к силам инерции; г) сил давления к силам вязкости.

**3. Мощность, потребляемую мешалкой при установившемся режиме, рассчитывают по формуле:**

1)  $\frac{N}{\rho n^3 d^5}$ ;    2)  $K_N \propto n^3 d^5$ ;    3)  $\frac{K_N \rho n^3 d^5}{\rho}$ .

**4. Критерий Фруда для процессов перемешивания определяют по формуле:**

а)  $\frac{N}{\rho n^3 d^5}$ ;    б)  $\frac{nd^2}{g}$ ;    в)  $\frac{n^2 d}{g}$ ;    г)  $K_N \propto n^3 d^5$ .

**5. Какой вид имеет обобщенное уравнение гидродинамики для процессов перемешивания:**

а)  $K_N \propto A Re_M^m Fr_M^n \Gamma_1^p \Gamma_2^q, \dots$

б)  $Eu_M \propto \frac{N}{\rho n^3 d^5}$

в)  $n \propto Re_M \propto (d^2)^{-1}$

г)  $Re^m \propto C Ar^k \frac{d^{0,5} P^k}{\rho d}$

### Блок Б

**1. Мощность, потребляемая мешалкой, зависит от**

- 1) уровня жидкости в аппарате,
- 2) диаметра мешалки,
- 3) конструкции мешалки,
- 4) наличия отражательных перегородок в сосуде,
- 5) плотности перемешиваемой среды,

- 6) вязкости перемешиваемой среды,
- 7) частоты вращения мешалки.

**2. Какими критериями оценивают эффективность процесса смешивания:**

- 1) эффективность перемешивающего устройства;
- 2) интенсивность его действия;

- 3) затрачиваемой мощностью;
- 4) коэффициентом вариации (неоднородности).

**3. Мощность, потребляемая мешалкой, возрастает при увеличении следующих параметров:**

- 1) диаметра мешалки;
- 2) плотности перемешиваемой среды;
- 3) вязкости перемешиваемой среды;
- 4) частоты вращения мешалки;
- 5) высоты уровня жидкости.

**4. Какие из следующих критериев являются критериями:**

- 1) Рейнольдса, 2) мощности, 3) Фруда

а)  $\frac{N}{\rho n^3 d^5}$ ; б)  $n^2 d$ ; в)  $\frac{N}{\rho n d^2}$ .

$$\frac{N}{\rho n^3 d^5} \quad \frac{N}{\rho n^2 d^2} \quad \frac{N}{\rho n d^2}$$

где  $N$  – мощность,  $n$  – частота вращения мешалки,  $d$  – диаметр мешалки,  $\rho$  – плотность,  $\mu$  – коэффициент динамической вязкости.

**5. Какие основные способы используются для перемешивания жидких сред:**

- 1) механический;
- 2) пневматический;
- 3) перемешивание в трубопроводах;
- 4) перемешивание с помощью насосов,
- 5) перемешивание ультразвуком;
- 6) перемешивание гидродинамическим эффектом.

**6. Мощность, потребляемая мешалкой, зависит от**

- 1 – диаметра мешалки,
- 2 – частоты вращения мешалки,
- 3 – плотности перемешиваемой среды,
- 4 – вязкости перемешиваемой среды,
- 5 – уровня жидкости в аппарате,

6 – наличие отражательных перегородок в сосуде, 7 – конструкции мешалки.

**7. При увеличении перечисленных ниже факторов мощность, потребляемая мешалкой, возрастает:**

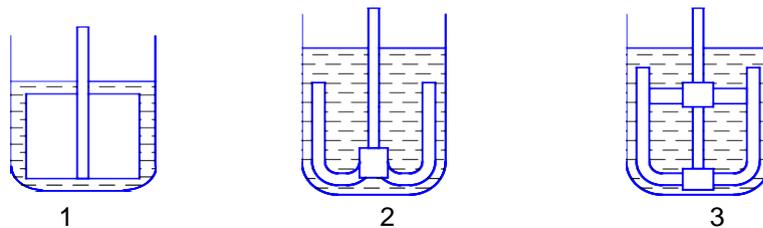
1 – диаметр мешалки; 2 – вязкость жидкости;

- 3 – плотность жидкости;
- 4 – частота вращения мешалки.

**Блок В**

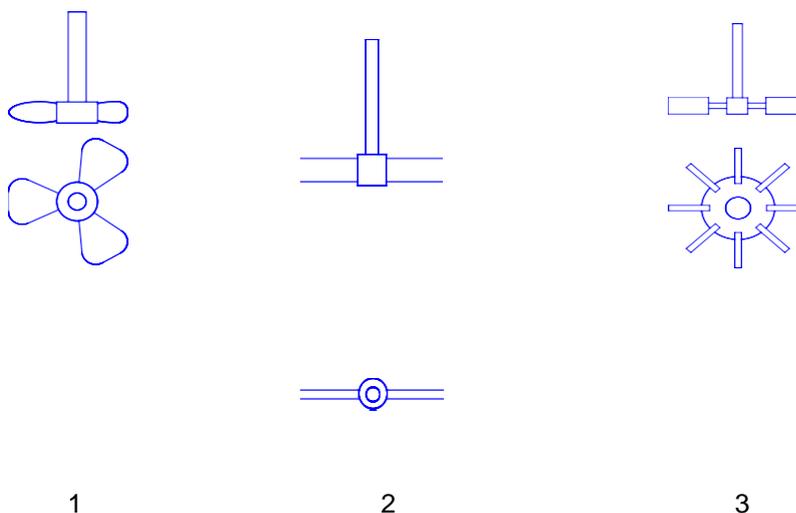
**1. Установить соответствие между картинкой и типом мешалки**

- а) рамная; б) листовая;
- в) якорная;



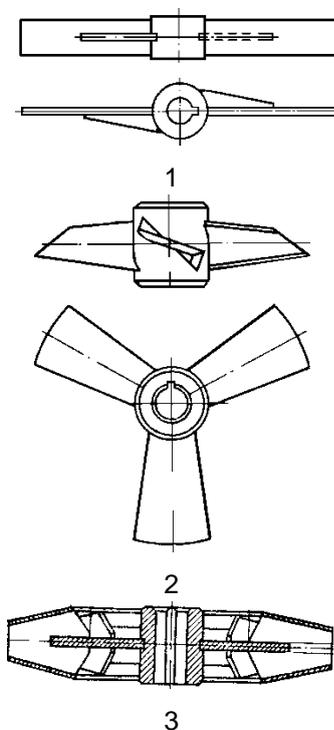
**2. Установить соответствие между картинкой и типом мешалки**

- а) лопастная;
- б) пропеллерная; в) турбинная.



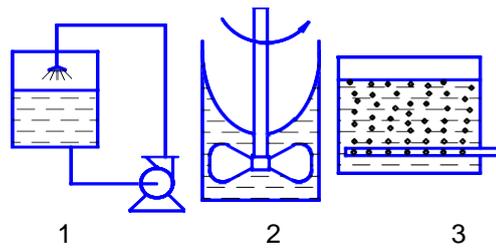
**3. Установить соответствие между картинкой и типом мешалки**

- а) трехлопастная;
- б) турбинная закрытая;
- в) лопастная.



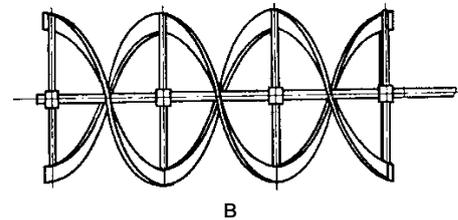
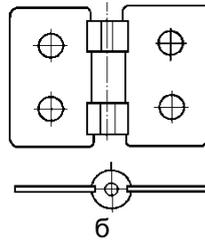
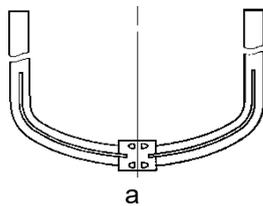
**4. Установить соответствие между картинкой и способом перемешивания**

а) циркуляционный; б)  
пневматический; в) ме-  
ханический.



### 5. Установить соответствие между картинкой и типом мешалки

- а) листовая; б) ленточная; в) якорная.



### Блок Г

№	Вопрос
1	... – механический процесс равномерного распределения отдельных компонентов во всем объеме смеси под действием внешних сил.
2.	... применяется в пищевой промышленности для приготовления эмульсий, суспензий и получения гомогенных систем (растворов), а также для интенсификации биохимических, тепловых и диффузионных процессов.
3.	Способ перемешивания сжатым воздухом, паром или инертным газом называется ... .
4.	Способ перемешивания во вращающемся резервуаре смесителя, с помощью мешалок различных конструкций (лопасти, винты, ножи, шнеки и др.) называется ... .
5.	... перемешивания определяется временем достижения заданного технологического результата или числом оборотов мешалки при фиксированной продолжительности процесса (для механических мешалок).
6.	... получил наибольшее распространение в качестве критерия оценки качества смешивания.
7.	В процессах получения суспензий ... характеризуется степенью равномерности распределения твердой фазы в объеме аппарата.
8.	При интенсификации тепловых и диффузионных процессов ... характеризуется отношением коэффициентов тепло- или массоотдачи при перемешивании и без него.

### Блок Д

1. Укажите правильную последовательность элементарных процессов, составляющих процесс перемешивания:

а) сегрегация частиц;

б) конвективное смешивание; в)  
диффузионное смешивание.

2. Укажите последовательность действий по определению мощности привода воздуходувки при пневматическом перемешивании жидкости воздухом в закрытом аппарате. Если известна высота слоя жидкости в аппарате, плотность жидкости, давление над свободной поверхностью жидкости в аппарате. Гидравлическое сопротивление трубопроводов, расход воздуха и КПД

воздуходувки.

## Блок Е

**1. Ситуация.** На масложировом предприятии, где Вы работаете, начальником цеха, решили сконструировать смеситель для получения майонезной эмульсии.

**Задание:** Подберите оптимальные параметры процесса получения эмульсий и опишите необходимые характеристики смесителя.

**2. Ситуация.** Вы работаете на кондитерской фабрике в кондитерском цехе. Процесс перемешивания вязкопластичных кондитерских масс имеет низкую интенсивность.

**Задание:** Повысить интенсивность перемешивания вязкопластичных кондитерских масс.

**3. Ситуация.** Вы работаете инженером-механиком на предприятии. Лопастная мешалка смесителя для перемешивания технического глицерина размером  $d_1 = D/3$  была заменена на меньшую  $d_2 = D/4$ . Размешивание в обоих случаях производится в условиях ламинарного режима. **Задание.** Определить, как повлияет данное изменение на частоту вращения мешалки при такой же мощности электродвигателя?

Тема «Суш-  
ка» Блок А

**1. Сушка материалов является**

- а) тепловым процессом;
- б) диффузионным процессом;
- в) тепломассообменным процессом.

**2. Температурой точки росы называется та температура, при которой газ достигает насыщения, охлаждаясь при постоянном значении**

- а) абсолютной влажности; б) влагосодержания;
- в) энтальпии;
- г) относительной влажности.

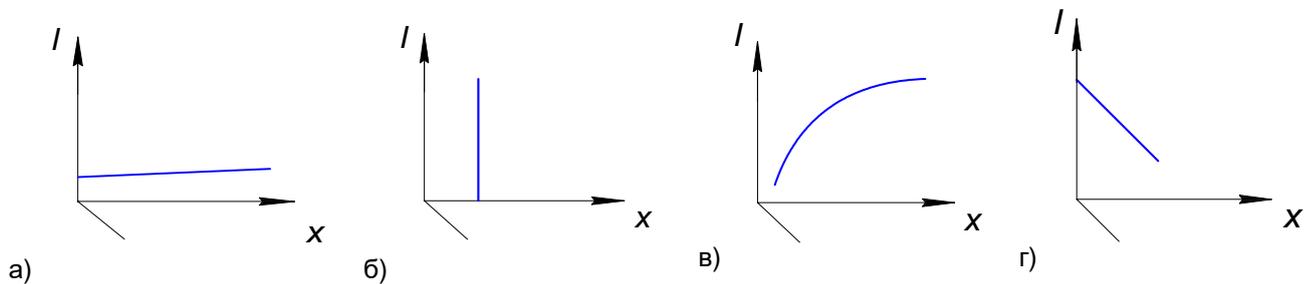
**3. Если парциальное давление пара над поверхностью материала превышает его парциальное давление в газе, то:**

- а) будет равновесие; б) идет сушка;
- в) идет увлажнение; г) идет сорбция.

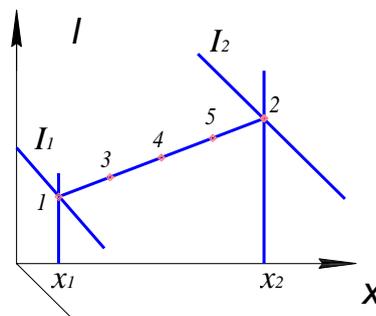
**4. В уравнении  $I = \frac{1}{x_2} x_1$  – есть влагосодержание воздуха,**

- а) поступающего в калорифер; б) после калорифера;
- в) поступающего в сушилку; г) после сушильной камеры.

**5. На какой I-x диаграмме изображена линия постоянной энтальпии?**



**6. Смешивается  $G_1$  кг воздуха с параметрам  $I_1, x_1$  и  $G_2$  кг воздуха с параметрами  $I_2, x_2$ . Отношение  $G_1/G_2 = 3$ . Укажите номер точки смеси на I-x диаграмме**

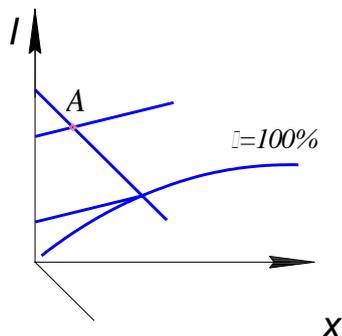


- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4;
- д) 5.

**7. Плотность влажного воздуха при увеличении парциального давления водяного пара**

- а) увеличивается; б) уменьшается;
- в) остается неизменной.

**8. На I-x диаграмме точка A (начальное состояние воздуха) задана следующими параметрами:**



- а)  $t_0, t_{тр}$ ;
- б)  $t_0, t_{тм}$ ;
- в)  $t_0, X_0\%$ ;
- г)  $t_0, \varphi$ .

**9. Если парциальное давление пара над поверхностью материала меньше его парциального давления в газе, то**

- а) идет сушка;
- б) идет увлажнение; в) идет десорбция;
- г) наступит равновесие.

**10. В уравнениях  $h_1 = \frac{1}{x_2 - x_0}$  и  $h_2 = \frac{1}{x_2 - x_1}$ ,**

где  $x_0$  – влагосодержание исходного воздуха;  $x_1$  – влагосодержание воздуха после калорифера;  $x_2$  – влагосодержание воздуха на выходе из сушилки.

- а)  $h_1 > h_2$ ;
- б)  $h_1 < h_2$ ;
- в)  $h_1 = h_2$ .

**11. Сушка при непосредственном соприкосновении высушиваемого материала с сушильным агентом называется:**

- а) конвективной;
- б) сублимационной; в) контактной;
- г) радиационной.

**12. Влагосодержанием влажного воздуха называется:**

- а) масса пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха
- б) масса пара, содержащегося в 1 кг влажного воздуха
- в) отношение массы пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха к максимально возможной массе пара в 1 м<sup>3</sup> при тех же условиях
- г) масса пара во влажном воздухе, приходящаяся на 1 кг абсолютно сухого воздуха.

**13. При конвективной сушке температура поверхности материала  $t_{пов}$  может**

принимать различные значения. Какое соотношение справедливо в 1 периоде сушки?  $t_{\text{MT}}$  – температура мокрого термометра.

а)  $t_{\text{пов}} = t_{\text{суш. аг.}}$ ;

б)

$t_{\text{суш. аг.}} > t_{\text{пов}} > t_{\text{MT}}$ ;

в)  $t_{\text{пов}} = t_{\text{MT}}$ ;

г)  $t_{\text{пов}} < t_{\text{MT}}$ .

#### 14. Скорость сушки это:

- а) изменение влагосодержания сушильного агента в единицу времени;
- б) количество влаги, удаляемой в единицу времени с единицы поверхности материала; в) изменение влажности материала в единицу времени;
- г) количество влаги, удаляемой в единицу времени из единицы веса высушиваемого материала.

#### 15. В первый период сушки удаляется влага:

- а) свободная; б) связанная;
- в) свободная и связанная; г) правильного ответа нет.

#### 16. Из приведенных соотношений укажите то, которое справедливо для определения влажности, отнесенной к количеству абсолютно сухого вещества ( $G_{вл}$ – масса содержащейся в материале влаги, кг; $G_{сух}$ – масса абсолютно сухого вещества, кг)

- а)  $W = \frac{G_{вл}}{G_{сух}} \cdot 100\%$ ;
- б)  $W = \frac{G_{сух}}{G_{сух} + G_{вл}} \cdot 100\%$ ;
- в)  $W = \frac{G_{вл}}{G_{сух} + G_{вл}} \cdot 100\%$ ;
- г)  $W = \frac{G_{сух} + G_{вл}}{G_{сух}} \cdot 100\%$ .

#### 17. Абсолютной влажностью воздуха называется:

- а) масса пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха; б) масса пара, приходящаяся на 1 кг влажного воздуха;
- в) отношение массы пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха к максимально возможной массе пара в 1 м<sup>3</sup> воздуха при тех же условиях;
- г) масса пара в кг, приходящаяся на 1 кг абсолютно сухого воздуха.

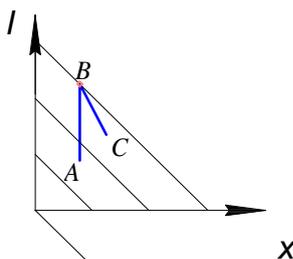
#### 18. Первой критической называется влажность, соответствующая:

- а) концу удаления связанной влаги б) концу удаления свободной влаги
- в) точке перегиба на кривой падающей скорости сушки
- г) достижению равновесной влажности на поверхности материала

#### 19. Во второй период сушки удаляется влага

- а) свободная; б) связанная;
- в) свободная и связанная; г) правильного ответа нет.

#### 20. На I-диаграмме изображена



а) только идеальная;

б) сушка реальная сушка и та, и другая;

в) сушка, если внутренний баланс сушильной камеры  $\square = 0$ .

**21. Сушка при замораживании называется**

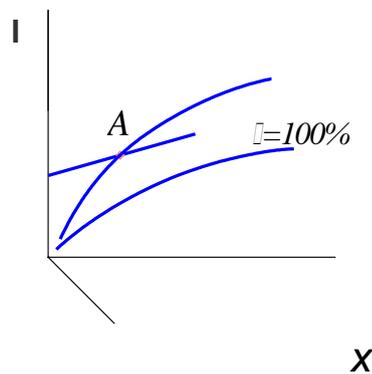
- 1) конвективной;
- 2) сублимационной;
- 3) контактной;
- 4) радиационной.

**22. Как влияет на энтальпию воздуха увеличение его влагосодержания при неизменных прочих условиях?**

- а) энтальпия не изменяется;
- б) энтальпия уменьшается;
- в) энтальпия увеличивается.

**23. На  $I$ - $x$  диаграмме Рамзина точка  $A$  (начальное состояние воздуха) задана следующими параметрами:**

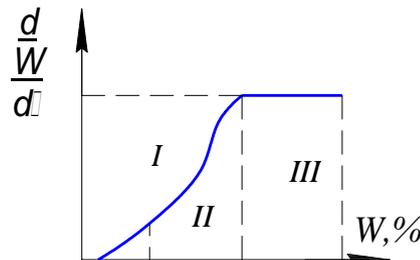
- а)  $t_0, t_{тр}$ ;
- б)  $t_0, t_{тм}$ ;
- в)  $t_0, \varphi_0$ ;
- г)  $t_{тр}, \varphi_0$ .



**24. Какое соотношение между температурой поверхности материала  $t_{пов}$  и температурой мокрого термометра  $t_{тм}$  справедливо для первого периода конвективной сушки? ( $t_{суш. аг.}$  – температура сушильного агента).**

- а)  $t_{пов} = t_{суш. аг.}$ ;
- б)  $t_{суш. аг.} > t_{пов} > t_{тм}$ ;
- в)  $t_{пов} = t_{тм}$ ;
- г)  $t_{пов} < t_{тм}$ .

**25. На рисунке зона III есть область**



- а) увлажнения материала;
- б) удаления связанной влаги;
- в) удаления свободной влаги;
- г) прогрева материала.

**L – это**

**26. В уравнении**

$$L = \frac{W}{\frac{x_2}{x_0}}$$

а) удельный расход абсолютно сухого воздуха на сушку; б) полный расход абсолютно сухого воздуха на сушку; в) полный расход влажного воздуха на сушку.

**27. Под связанной понимают влагу, скорость испарения которой из материала**

а) больше скорости испарения со свободной поверхности; б) меньше скорости испарения со свободной поверхности; в) равна скорости испарения со свободной поверхности; г) правильного ответа нет.

**28. Зависимость между влажностью материала и временем сушки изображается**

- 1) кривой сушки;
- 2) кривой скорости сушки;
- 3) термограммой.

**29. Относительной влажностью воздуха называется**

а) отношение массы водяного пара к объему воздуха, в котором он находится;

б) отношение массы пара в  $1 \text{ м}^3$  влажного воздуха к максимально возможной массе пара в  $1 \text{ м}^3$  при тех же условиях;

в) отношение массы пара к массе воздуха, в котором он находится; г) масса пара, приходящаяся на  $1 \text{ кг}$  абсолютно сухого воздуха.

**30. Как изменяются влажность и температура материала в периоде постоянной скорости сушки?**

а) Влажность материала остается постоянной, а температура возрастает; б) Влажность и температура уменьшаются;

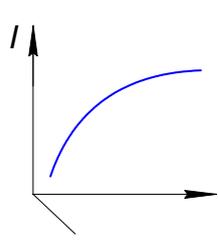
в) Влажность материала уменьшается, а температура остается постоянной; г) Влажность и температура материала остаются постоянными.

**31. Какая влага наиболее легко удаляется из влажного материала?**

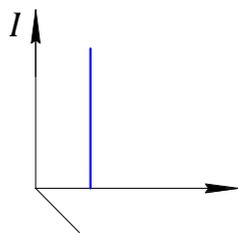
а) химическая;

б) физико-химическая; в) физико-механическая; г) свободная.

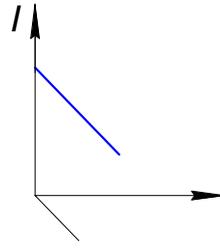
**32. На какой  $I$ - $x$  диаграмме изображена изотерма?**



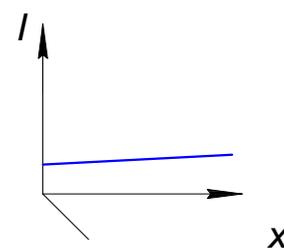
а)



б)



в)



г)

**33. С какой целью применяют частичный возврат отработанного воздуха при сушке?**

а) С целью уменьшить расход теплоты при сушке; б) С целью экономии сушильного агента;

в) С целью повысить температуру и понизить влажность сушильного агента; г) С целью смягчить условия сушки и повысить скорость сушки.

**34. Барабанная сушилка это:**

а) контактная;

б) конвективная; в) радиационная;

г) сублимационная.

**35. Энтальпия влажного воздуха равна**

а) сумме энтальпий сухого воздуха и содержащихся в нем паров; б) произведению теплоемкости газа на его температуру;

в) произведению энтальпии пара на влагосодержание; г) энтальпии пара, содержащегося в газе.

**36. На  $I$ - $x$  диаграмме Рамзина точка А (начальное состояние воздуха) задана**

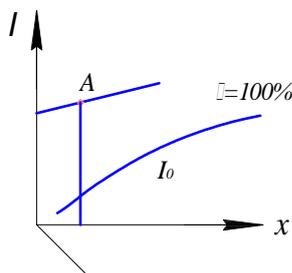
**следующими параметрами:**

а)  $t_0$ ,  $t_{гр}$ ;

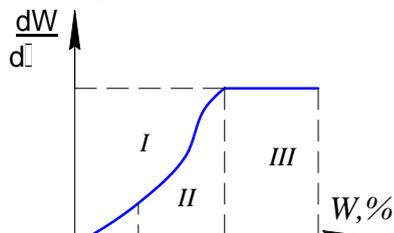
б)  $t_0$ ,  $t_{гм}$ ;

в)  $t_0, \chi_0$ ;

г)  $t_0, \varphi_0$ .



37. На рисунке зона I – есть область



а) увлажнения материала;

б) удаления связанной влаги; в) удаления свободной влаги; г) сушки материала.

38. Под свободной понимают влагу, скорость испарения которой из материала

а) больше скорости испарения со свободной поверхности; б) меньше скорости испарения со свободной поверхности; в) равна скорости испарения со свободной поверхности; г) правильного ответа нет.

39. Сушка в «кипящем слое» относится к:

а) контактной;

б) конвективной; в) радиационной;

г) сублимационной.

40. Влажность материала  $W^c$  есть

а) разность между массой влажного материала и массой сухого материала; б) отношение массы влаги к массе сухого материала;

в) отношение массы влаги к массе влажного материала.

41. Если парциальное давление пара над поверхностью материала равно его парциальному давлению в газе, то

а) идет сушка;

б) идет увлажнение; в) идет десорбция; г) будет равновесие.

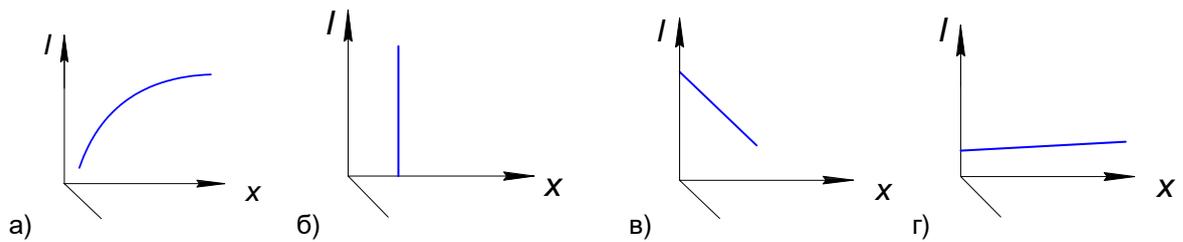
42. При удалении свободной влаги скорость сушки

а) постоянна;

б) увеличивается; в) уменьшается;

г) сначала постоянна, затем уменьшается.

**43. На  $I$ - $x$  диаграмме линия постоянной относительной влажности?**

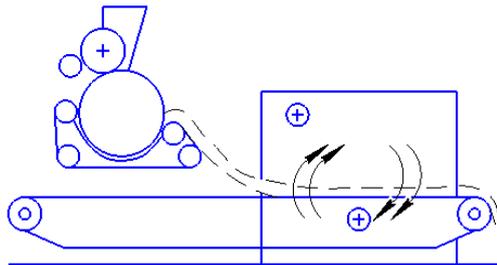


**44. Сушка токами высокой частоты – это:**

- а) контактная;
- б) конвективная; в) радиационная;
- г) сублимационная; д) диэлектрическая.

**45. Укажите правильное название сушилки, представленной на рисунке.**

- а) барабанная; б) петлевая; в) ленточная; г) вальцовая;
- д) вальцово-ленточная; е) распылительная



**46. Верно ли что процесс сушки – это только тепловой процесс?**

- а) да; б) нет

**47. Можно ли определить скорость сушки, получив опытным путем кривую сушки и кривую скорости сушки?**

- а) да; б) нет

**48. В конвективных сушилках используют**

- а) сушильные агенты;
- б) токи высокой частоты;
- в) обогреваемые перегородки;

**49. Отработанный воздух перед сбросом в атмосферу следует**

- а) осушить;
- б) очистить от пыли; в) охладить

**50. Сушка материалов является**

- а) тепловым процессом;
- б) диффузионным процессом;
- в) тепло-массообменным процессом.

**51. Влажность воздуха в процессе сушки**

- 1) уменьшается;
- 2) увеличивается;

3) не изменяется.

## **Блок Б**

### 1. В материале может содержаться влага

- 1) адсорбционная;
- 2) осмотическая;
- 3) связанная в микрокапиллярах;
- 4) связанная в макрокапиллярах;
- 5) химически связанная.

В ответах в числителе указать виды влаги, удаляемые в периоде постоянной скорости сушки, в знаменателе – удаляемые в периоде падающей скорости сушки.

### 2. Какие сушилки наиболее целесообразны для сушки сыпучих материалов?

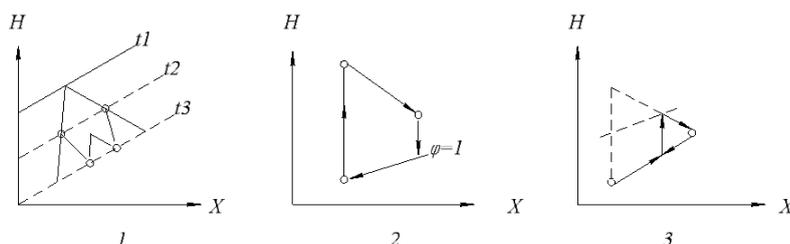
Для сушки материалов используют сушилки:

- 1) барабанные;
- 2) вальцовые;
- 3) ленточные;
- 4) сублимационные;
- 5) с кипящим слоем;
- 6) радиационные.

### 3. Конвективный процесс сушки можно осуществлять в следующих сушилках:

- 1) ленточная;
- 2) вальцовая;
- 3) камерная;
- 4) туннельная.

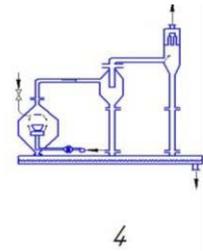
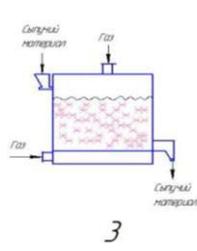
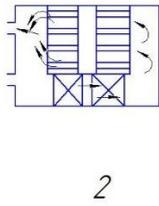
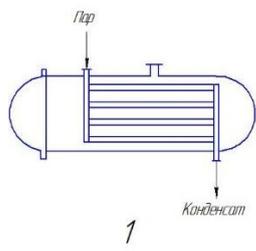
### 4. Укажите, какие схемы соответствуют процессам сушки с частичным возвратом отработавшего воздуха, многократным промежуточным подогревом, замкнутой циркуляцией сушильного агента.

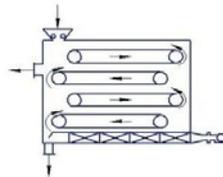


## Блок В

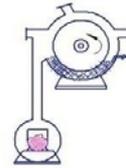
### 1. Какая из данных сушилок является:

- а) ленточной;
- б) распылительной; в) камерной;
- г) сушильном шкафом; д) вальцовой;
- е) сушилкой с псевдооживленным слоем





5



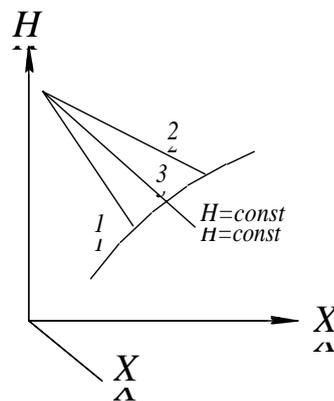
6

2. Укажите, какая из приведенных на рисунке рабочих линий сушки соответствует следующим соотношениям:

- а)  $H_2 > H_1, \Delta > 0$ ; б)  
 $H_2 < H_1, \Delta < 0$ ; в)  
 $H_2 = H_1, \Delta = 0$ .

$\Delta$  - внутренний тепловой баланс сушилки.

Ответ дать в виде трехзначного числа, не применяя запятой, в последовательности указанной в задании.



3. Укажите номера рисунков, иллюстрирующих процессы контактной, конвективной, радиационной и диэлектрической сушки

$\Gamma_{\text{газ}}$	$\text{Пар}$	$\Gamma_{\text{газ}}$	$\text{Пар}$
$\Gamma_{\text{газ}}$ $\Gamma_{\text{газ}}$	Излучатель		Горелка
1	2	3	4

Блок Г

№	Вопрос
1	В первый период сушки удаляется ... влага.
2.	Во второй период сушки удаляется ... влага.
3.	В уравнении $q_k \square I(l_1 \square l_o)$ , $q_k$ – это ...
4.	В уравнении $I \square \frac{1}{x_2 \square x_o} I$ это ...
5.	Туннельные, ленточные, распылительные относятся к ... сушилкам.
6.	Другое название контактных сушилок - ...
7.	Подача нагретого воздуха в сушилку осуществляется при помощи....

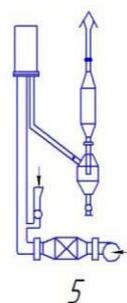
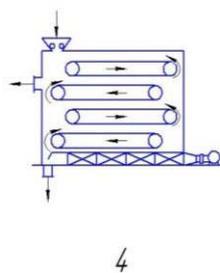
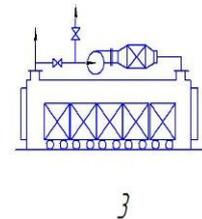
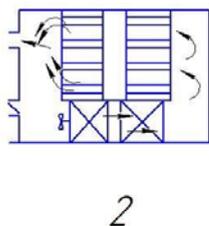
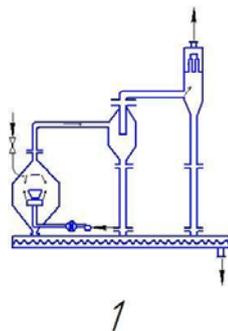
8.	Горячий воздух, топочные или дымовые газы, используемые при сушке называют ...
----	---

9	Полый обогреваемый валец – это элемент ... сушилки
10	Сушка при непосредственном соприкосновении высушиваемого материала с сушильным агентом называется ...
11	. Классификация форм связи влаги с материалом: ...
12	Уменьшение влажности материала за бесконечно малый промежуток времени называется ... сушки.
13	Зависимость между влажностью материала и временем сушки изображается ...
14	В период постоянной скорости сушки температура поверхности высушиваемого материала равна температуре ... термометра.

### Блок Д

#### 1. Укажите в указанной последовательности:

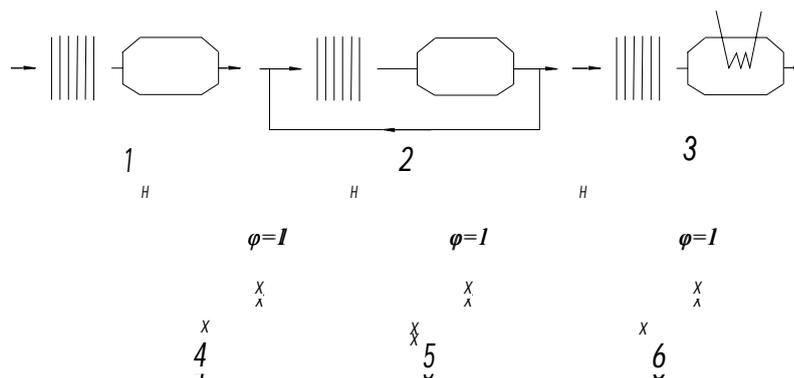
- 1) пневматическую сушилку;
- 2) распылительную сушилку;
- 3) ленточную сушилку,
- 4) туннельную сушилку,
- 5) камерную.



2. Даны принципиальные схемы сушильных процессов (1,2,3) и изображения процессов в Н-хдиаграмме (4,5,6)

**Необходимо дать ответ в виде последовательности 4 цифр.**

- схема и изображение процесса с рециркуляцией воздуха;
- схема и изображение процесса простой сушки.



## Блок Е

**1. Ситуация.** В овощесушильном цеху, где Вы работаете, начальником цеха, сушат абрикосы. Абрикосы поступают в цех с влажностью 75 % и высушиваются до 17 % за 950 с.

**Задание:** Определить какая скорость сушки абрикосов на имеющемся оборудовании и предложить мероприятия по ее увеличению.

**2. Ситуация.** Вам поручили оборудовать на предприятии, где выработаете овощесушильный цех, для переработки яблок и груш.

**Задание:** Подобрать необходимое оборудование и выбрать параметры процесса сушки перерабатываемых фруктов, пояснить от чего они будут зависеть.

**3. Ситуация.** В цеху, где Вы работаете оператором линии по сушке фруктовых чипсов, очень высокие потери теплоты сушилкой в окружающую среду.

**Задание:** Предложить комплекс мер по минимизации этих потерь.

**4. Ситуация.** Вы работаете оператором зерносушильной установки. Зерно поступает с влажностью 40 %.

**Задание:** Спрогнозировать время сушки 200 тонн зерна. Указать какие параметры необходимы для его определения. Предложить меры по интенсификации процесса сушки.

**5. Ситуация.** Выработаете главным инженером на хлебоприемном пункте. Вам поручили приобрести новую зерносушильную установку.

**Задание:** Подобрать возможные конструкции сушилок, пояснить их достоинства и недостатки.

Тема «Тепловые процессы. Нагревание» Блок А

**1. Передача теплоты от стенки к жидкости (газу) или в обратном направлении называется процессом**

- а) теплоотдачи; б) теплопередачи;  
в) теплопроводности.

**2. В теплообменник на конденсацию поступает  $D$  кг/с перегретого пара ( $t_n$ ); температура конденсата на выходе из аппарата ( $t_{конд}$ ) ниже, чем температура конденсации ( $t_{нас}$ ). Количество выделившейся теплоты:**

- а)  $Q = D \cdot c$ ;  
б)  $Q = D r + D c_1 t_{нас} + t_{конд}$   
в)  $Q = D c_1 t_n + t_{нас} + D r + D c_2 t_{нас} + t_{конд}$ ;  
г)  $Q = D c_1 t_n + t_{нас} + D c_2 t_{нас} + t_{конд}$ .

**3. Конденсатоотводчик применяют для вывода из теплообменного аппарата конденсата.**

- а) для вывода конденсата из неконденсирующихся газов;  
б) для вывода из теплообменника неконденсирующихся газов; в) для конденсации пара.

**4. Накипь на стенках теплообменного аппарата необходимо удалять, так как**

- а) отложение осадка на трубах уменьшает коэффициент теплопередачи;  
б) накипь уменьшает сечение труб и увеличивает гидродинамическое сопротивление движению раствора;  
в) отложение осадка снижает коэффициент теплоотдачи; г) отложение осадка не влияет на теплопередачу.

**5. Разность температур между теплоносителями является движущей силой процесса**

- а) теплоотдачи;  
б) теплопроводности; в) теплопередачи.

**6. Уравнение теплопроводности плоской стенки при установившемся процессе теплообмена**

- а)  $Q = k F \Delta t_{cp}$ ;  
б)  $Q = \frac{F}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{k} + \frac{1}{\alpha_2}} \Delta t$ ;  
в)  $Q = \alpha_1 F (t_1 - t_{cm})$ ;  
г)  $Q = \alpha_2 F (t_{cm} - t_2)$ .

**7. Подобие процессов теплопереноса на границе между стенкой и потоком жидкости характеризует**

- а)  $Re$  – критерий Рейнольдса; б)  $Pr$  – критерий Прандтля, в)  $Gr$  – критерий Грасгофа,  
г)  $Nu$  – критерий Нуссельта.

**8. Для интенсификации процесса теплообмена через плоскую стенку в случае нагрева-ния газа водяным паром необходимо установить ребра**

- а) со стороны пара; б) со стороны газа;

- в) со стороны газа и пара;
- г) установка ребер в данном случае не изменит условий теплообмена.

**9. Коэффициент теплоотдачи по одну сторону стенки  $\alpha_1 = 100 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ , по другую  $\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Какой из коэффициентов теплоотдачи следует изменять для интенсификации процесса теплопередачи?**

- а) Изменение коэффициентов не влияет на интенсификацию теплопередачи; б) Необходимо уменьшить  $\alpha_2$ ;
- в) Необходимо увеличить  $\alpha_2$ ; г) Необходимо увеличить  $\alpha_1$ .

**10. Наличие в паре небольших примесей воздуха и неконденсирующихся газов**

- а) повышает коэффициент теплоотдачи; б) не влияет на коэффициент теплоотдачи;

в) резко снижает коэффициент теплоотдачи;

г) увеличивает  $\square t \square t_{нас} \square t_{см}$ .

**11. Коэффициент теплоотдачи от горячей жидкости к стенке трубы можно увеличить**

- а) увеличивая скорость движения жидкости;
- б) увеличивая время пребывания жидкости в теплообменнике; в) увеличивая коэффициент теплопроводности стенки;
- г) уменьшая толщину стенки трубы.

**12. Передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному через стенку называется процессом**

- а) теплоотдачи; б) теплопередачи;
- в) теплопроводности.

**13. Многоходовые теплообменники по трубному пространству применяют**

- а) для увеличения скорости жидкости;
- б) для уменьшения образования отложений осадка; в) для увеличения скорости пара в теплообменнике.

**14. Тепловой баланс аппарата при обогреве насыщенным паром без охлаждения конденсата:**

а)  $Dr \square G_2 c_2 (t_{2к} \square t_{2н})$ ;

б)  $Dc(t_{п} \square t_{нас}) \square Dr \square Dc(t_{нас} \square t_{конд}) \square G_2 c_2 (t_{2к} \square t_{2н})$ ; в)  $G_1 c_1 (t_{1н} \square t_{1к}) \square G_2 c_2 (t_{2к} \square t_{2н})$ ;

$t_{2н}$ );

г)  $Dr \square Dc(t_{нас} \square t_{конд}) \square G_2 c_2 (t_{2к} \square t_{2н})$ .

**15. Поток, имеющий повышенное рабочее давление, целесообразно направлять**

- а) в межтрубное пространство; б) в трубное пространство;
- в) безразлично, в какое пространство кожухотрубчатого теплообменника направляется по-ток;
- г) верный ответ не указан.

**16. При конденсации пара наличие в нем воздуха**

- а) не влияет на коэффициент теплоотдачи; б) увеличивает коэффициент теплоотдачи; в) уменьшает коэффициент теплоотдачи

**17. Удельный тепловой поток от горячего теплоносителя к холодному через стенку**

а)  $q = \alpha_1(t_1 - t_{cm1})$ ;  
б)  $q = \alpha_2(t_{cm2} - t_2)$ ;

в)  $q = \frac{\alpha}{\delta}(t_{cm1} - t_{cm2})$ ;

г)  $q = K \Delta t_{cp}$ .

**18. В прямоточном теплообменнике нагревается продукт от 40 до 70 °С. Нагревание производится сухим насыщенным паром, имеющим температуру 130 °С. Определить средний температурный напор.**

а) 54,7 °С;

б) 80 °С;

в) 75 °С;

г) 30 °С.

**19. Подobie физических свойств теплоносителя в процессах конвективного теплообмена характеризует**

а) критерий Рейнольдса б) критерий Прандтля в) критерий Грасгофа г) критерий Нуссельта

**20. Назначение ходов в многоходовом теплообменнике по межтрубному пространству для нагревания жидкости водяным паром в том, чтобы**

а) увеличить скорость жидкости. б) Увеличить скорость пара.

в) Увеличить время пребывания жидкости в аппарате. г) Увеличить время пребывания пара в аппарате.

**21. В кожухотрубчатом теплообменнике поток, имеющий загрязнения, необходимо направлять в трубное пространство**

а) в межтрубное пространство;

б) безразлично куда направлять поток; в) Верный ответ не указан.

**22. Количество теплоты, выделяемое при охлаждении жидкости, равно**

а)  $Gc(t_n - t_k)$

б)  $Gr$ ;

в)  $Gc$

**23. Удельный тепловой поток при передаче тепла через плоскую стенку:**

1)  $q = \alpha_1(t_1 - t_{cm1})$

2)  $q = \alpha_2(t_{cm2} - t_2)$ ;

б)  $t_2$ );

3)  $q = \frac{\alpha}{\delta}(t_{cm1} - t_{cm2})$ ;

4)  $q = K \Delta t_{cp}$ .

**24. Для нагревания воздуха в теплообменнике от 20 до 80 °С используют насыщенный пар температурой 130 °С. Определите средний температурный напор.**

а) 90,9 °С;

б) 95 °С;

в) 76 °С;

г) 80 °С.

**25. Коэффициент теплоотдачи при турбулентном движении жидкости по трубам рассчитывается:**

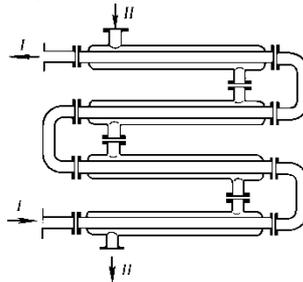
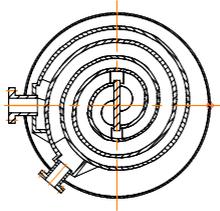
$$a) Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \frac{Pr}{Pr_{cm}}^{0,25};$$

б)  $\square \square c^4 \sqrt{\frac{\lambda^3 \rho^3 g r}{\mu \Delta t}}$  ;

в)  $Nu \square 0,008 Re^{0,9} Pr^{0,43}$  ;

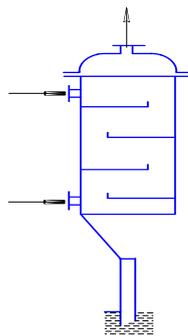
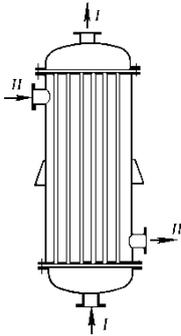
г)  $Nu \square 0,17 Re^{0,33} Pr^{0,43} Gr^{0,1} \frac{Pr}{Pr_{cm}} \square^{0,25}$  .

26. Какой из аппаратов является кожухотрубчатый теплообменником?



1)

2)



3)

4)

27. Термическое сопротивление стенки

1)  $\square$  ;

2)  $\square$  ;

3)  $t_1 \square t_2 \cdot \frac{\delta}{\lambda}$  .

28. Применение какого водяного пара целесообразно для процессов нагрева-ния в пище-вой промышленности?

а) перегретого пара; б) насыщенного пара; в) острого пара;

г) глухого пара.

29. Коэффициент теплопередачи рассчитывается по формуле:

а)  $\frac{1}{\square_1 \square \square \square \square \frac{1}{\square_2}}$  ;

б)  $c \lambda^3 \sqrt{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot n}{\mu \cdot G}}$  ;

в)  $\frac{1}{\frac{1}{\square_1 \square \square \square \square \frac{1}{\square_2}}}$  ;

г)  $0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} \frac{Pr}{\square} \square^{0,25}$  .

29. Интенсифицировать установившийся процесс передачи теплоты в тепло-

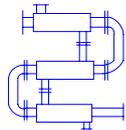
**обменнике для нагрева жидкости водяным паром можно:**

- 1) увеличивая скорость движения жидкости;
- 2) увеличивая число ходов в межтрубном пространстве;
- 3) увеличивая время пребывания пара в теплообменнике;
- 4) увеличивая термическое сопротивление стенки.

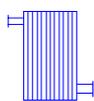
**30. Теплообменник типа «труба в трубе» относится к группе**

- 1) аппаратов смешения;
- 2) поверхностных аппаратов.

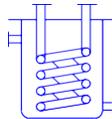
### 31. Барометрический конденсатор



1)



2)



3)



4)

### Блок Б

#### 1. В критериальные уравнения, описывающие теплоотдачу при турбулентном движении жидкости в трубе ( $Re > 10^4$ ) входят:

а)  $Nu$  – критерий Нуссельта; б)  $Pr$  – критерий Прандтля; в)  $Re$  – критерий Рейнольдса; г)  $Ku$  – критерий Кутателадзе; д)  $Gr$  – критерий Грасгофа.

#### 2. Коэффициент теплопередачи в кожухотрубном теплообменнике можно увеличить:

- а) увеличением скорости движения жидкости; б) уменьшением толщины стенки;
- в) удалением накипи со стенок;
- г) уменьшением коэффициента теплопроводности стенки.

#### 3. Какие критерии подобия, входят в критериальное уравнение, описывающее теплоотдачу при естественной конвекции жидкости.

а)  $Nu$  – критерий Нуссельта, б)  $Pr$  – критерий Прандтля, в)  $Re$  – критерий Рейнольдса,  
г)  $l/d$  – геометрический симплекс,  
д)  $Gr$  – критерий Грасгофа.

#### 4. Коэффициент теплоотдачи возрастает при увеличении величин:

- а) скорость движения теплоносителей; б) коэффициент динамической вязкости;
- в) коэффициент теплопроводности жидкости; г) удельная теплоемкость раствора.

#### 5. Многоходовые теплообменники по трубному пространству применяют

- а) для увеличения времени пребывания жидкости в теплообменнике; б) для увеличения скорости жидкости;
- в) для увеличения скорости пара в теплообменнике; г) для уменьшения образования накипи.

#### 6. Тепловое подобие при установившемся вынужденном движении характеризуют:

$Re$  – критерий Рейнольдса,  
 $Fo$  – критерий Фурье,

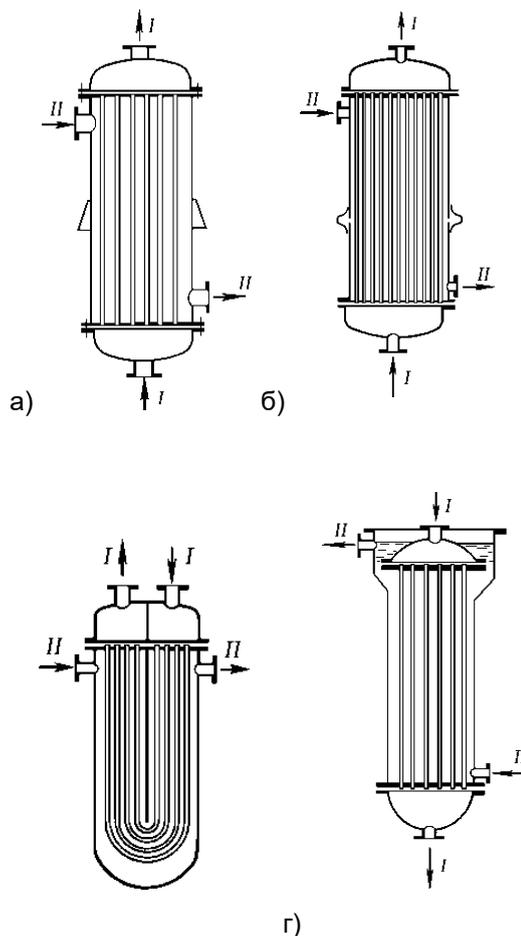
$Nu$  – критерий Нуссельта,  $Pr$  – критерий Прандтля,  $Gr$  – критерий Грасгофа. а)  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$ ;

б)  $Gr, Pr$ ;  
в)  $Re, Fo, Nu$ ;  
г)  $Re, Fo$ .

**7. В критериальные уравнения, описывающие теплоотдачу при ламинарном режиме движения жидкости в трубе, входят:**

- а)  $Nu$  – критерий Нуссельта, б)  $Pr$  – критерий Прандтля, в)  $Re$  – критерий Рейнольдса г)  $Ku$  – критерий Кутателадзе д)  $Gr$  – критерий Грасгофа.

**8. Компенсация температурных удлинений предусмотрена в теплообменниках**



**9. К тепловым процессам относятся процессы:**

- а) нагревание; б) охлаждение;  
в) замораживание; г) конденсация;  
д) выпаривание.

**Блок В**

**1. Установите соответствие для критериев подобия :**

- 1) критерий Рейнольдса;
- 2) критерий Прандтля;
- 3) критерий Грасгофа;
- 4) критерий Нуссельта.

а)  $\frac{w \cdot d}{\nu}$ ; б)  $\frac{w \cdot d}{\alpha}$ ; в)  $\frac{g \cdot d^3}{\nu^2}$ ; г)  $\frac{g \cdot d^3}{\nu^2} \cdot t$ .

а

Здесь:

$\nu$  – коэффициент кинематической вязкости,  
 $a$  – коэффициент температуропроводности,



## Блок Г

№	Вопрос
1	В холодильнике охлаждают жидкость от 90 до 40 °С водой, температура которой на входе в аппарат 10 °С, на выходе 30 °С. Средний температурный напор для случая прямоточного движения равен ... .
2.	В холодильнике охлаждают жидкость от 90 до 40 °С водой, температура которой на входе в аппарат 10 °С, на выходе 30 °С. Средняя движущая сила для противоточного движения равна ... .

3.	Насыщенный водяной пар с температурой 120 °С используют для нагревания жидкости от 20 °С до 70 °С. Средняя движущая сила этого теплового процесса равна ... .
4.	Термическое сопротивление стенки определяют по формуле ...
5.	Движущей силой процесса теплопередачи является ...
6.	В теплообменнике нагревается 8 кг/с продукта от 42 до 68 °С. Нагревание проводится сухим насыщенным паром, теплота парообразования которого равна $2,2 \cdot 10^6$ Дж/кг. Теплоемкость продукта равна $4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К). Количество пара необходимое для нагрева ... кг/с.
7.	Нагревание – это
8.	Основное уравнение теплопередачи записывается следующим образом ... .
9.	... - это переход вещества из паро- или газообразного состояния в жидкое путем отвода от него теплоты.
10.	Конденсация, при которой жидкая конденсированная фаза образуется на поверхности теплообмена в виде устойчивой пленки, называется ... .
11.	... теплообменники применяют, главным образом, для охлаждения жидкостей и газов или конденсации паров.

## Блок Е

**1. Ситуация.** Вы работаете на сахарном заводе, для подогрева жомопресованной воды перед поступлением в отстойник используется вертикальный кожухотрубчатый теплообменник. За 5 мин вода нагревается от 35 до 85 °С. Сейчас за пять минут вода нагревается от 35 до 60 °С. **Задание:** Установить причину данного происшествия и предложить ряд мероприятий по предотвращению подобных ситуаций.

**2. Ситуация.** В цеху работает воздухоподогреватель, который нагревает воздух от температуры  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 210$  °С, а горячие газы охлаждаются от температуры  $t_1 = 410$  °С до температуры  $t_2 = 250$  °С.

**Задание.** Определить средний температурный напор между воздухом и газом для движения по противоточной и прямоточной схемам.

**3. Ситуация.** В трубчатом пароводяном теплообменнике сухой насыщенный водяной пар с давлением  $P = 3,5 \cdot 10^5$  Па конденсируется на внешней поверхности труб. Вода, движущаяся по трубам, нагревается от температуры  $t_1 = 20$  °С до  $t_2 = 90$  °С. Массовый расход воды составляет  $G = 2,2$  кг/с.

**Задание.** Определить массовый расход пара в пароводяном теплообменнике.

## Тема «Охлаждение. Замораживание»

### Блок А

#### 1. Термическое сопротивление теплопередачи

$$а) \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

$$б) \frac{\delta}{\lambda};$$

$$в) \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2};$$

$$г) \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

2. В теплообменнике «труба в трубе» происходит охлаждение продукта от 40 до 10 °С во-дой, которая при этом нагревается от 5 до 25 °С. Определить средний температурный напор, если имеет место противоток теплоносителей

а) 25 °С;

б) 10 °С;

в) 9,1 °С;

г) 23,6 °С.

#### 3. Почему необходимы меры борьбы с отложениями накипи (осадка) на стенках трубтеплообменного аппарата?

а) уменьшается сечение труб и увеличивается сопротивление движению раствора, снижается коэффициент теплопередачи;

б) отложение осадка не влияет на коэффициент теплоотдачи и теплопередачи; в) отложение осадка на трубах снижает коэффициент теплоотдачи;

г) отложение осадка на трубах увеличивает коэффициент теплоотдачи.

#### 4. Закон охлаждения Ньютона:

$$а) Q = KF \Delta t_{cp};$$

$$б) Q = F \Delta t_{cm};$$

$$в) Q = GC \Delta t_k \Delta t_n;$$

$$г) Q = \alpha_1 F \Delta t_{cm};$$

$$Q = \alpha_1 F \Delta t_{cm}.$$

#### 5. Для обеспечения эффективного торможения биохимических и микробиологических изменений процесс охлаждения необходимо:

а) ускорить; б) замедлить;

в) скорость охлаждения не влияет.

#### 6. Масса

### Блок Б

#### 1. На условия охлаждения пищевых продуктов влияет:

а) внутренняя неоднородность продукта; б) изменение теплофизических свойств;

в) экзотермичность биохимических процессов в продукте; г) испарение влаги.

### Блок Г

№	Во-прос
1	Повышение устойчивости клеток к глубокому охлаждению достигается путем ... замо-

	раживания.
2	... - это температура, при которой выделяются кристаллы льда из тканевых соков.
3	Конечная температура охлажденных продуктов находится в пределах: ... .
4	Температура при которой происходит застывание вещества в сплошную твердую массу называется ... .



в) 4;

г) 2.

**11. В чем состоит назначение организованной циркуляции раствора в выпарных аппаратах непрерывного действия?**

- а) В том, чтобы уменьшить продолжительность выпаривания.
- б) В том, чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи от стенок труб к раствору.
  - в) В том, чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи к раствору и уменьшить образование накипи.

**12. Основной фактор, определяющий интенсивность выпаривания и производительность выпарного аппарата, – это разность температур**

- а) греющего и вторичного пара;
- б) греющего пара и стенки кипяточной трубки;
- в) греющего пара и кипящего раствора.

**13. Пар, образующийся при выпаривании кипящего раствора, называется**

- а) сопутствующим;
- б) вторичным;
- в) греющим.

**14. Выпаривание под вакуумом используется в случае:**

- а) интенсификации процесса выпаривания.
  - б) необходимости снижения температуры кипения раствора при выпаривании термочувствительных растворов.
  - в) необходимости увеличения разности температур между нагревающим агентом и кипящим раствором с целью увеличения площади поверхности теплообмена.

**15. В чем состоит назначение организованной циркуляции раствора в выпарных аппаратах непрерывного действия?**

- а) В том, чтобы уменьшить продолжительность выпаривания.
- б) В том, чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи от стенок труб к раствору.
  - в) В том, чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи к раствору и уменьшить образование накипи.

**16. Теплота греющего пара (первичного) в выпарном аппарате расходуется**

- а) на образование вторичного пара и компенсацию потерь тепла в окружающую среду;
- б) на образование вторичного пара, нагрев раствора до температуры кипения и на компенсацию потерь в окружающую среду;
- в) на образование вторичного пара и подогрев раствора до температуры кипения.

**17. Вторичный пар, отбираемый из выпарной установки для других нужд, называется:**

- а) греющим паром;
- б) экстра-паром;
- в) глухим паром.

**18. Полезной разностью температур в процессе выпаривания называют:**

- а) разность между температурами кипения раствора и вторичного пара.
- б) Разность между температурами греющего пара и конденсата.
- в) Разность между общей разностью температур и суммой всех температурных потерь.
- г) Разность между температурами греющего и вторичного пара.

**19. Многокорпусные выпарные установки применяются для**

- а) увеличения площади теплопередачи;
- б) снижения металлоемкости установки;
- в) экономии расхода греющего пара;
- г) увеличения времени нахождения раствора в зоне выпаривания.

**20. Процесс выпаривания применяется для концентрирования**

- а) гомогенных сред;
- б) гетерогенных сред.

**21. Увеличится ли производительность выпарной установки при увеличении числа кор-пусов и неизменных температуре греющего пара и давлении в конденсаторе?**

а) да;

б) нет.

## Блок Б

### 1. Основные режимы кипения:

- а) пленочное; б) пузырьковое; в) струйное;
- г) объемное.

### 2. Накипь на стенках выпарного аппарата необходимо удалять, так как ее наличие

- а) уменьшает коэффициент теплопередачи;
- б) уменьшает сечение труб и увеличивает гидравлическое сопротивление движению раствора;
- в) снижает коэффициент теплоотдачи.

### 3. При переходе от однокорпусной установки к трехкорпусной происходит:

- а) экономия греющего пара;
- б) возрастание температурных потерь;
- в) увеличивается общая поверхность нагрева установки.

## Блок Г

№	Вопрос
1	На выпаривание расходуется 0,5 кг греющего водяного пара. Теплота конденсации греющего пара – $2,1 \cdot 10^6$ Дж/кг, его температура $150^\circ\text{C}$ . Температура кипения раствора у середины греющих труб выпарного аппарата $100^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопередачи – $1163 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}$ . Площадь поверхности теплообмена необходимая для проведения выпаривания ... $\text{м}^2$ .
2	Барометрические конденсаторы в выпарных установках используют для создания в них ...
3	Если исходный раствор поступает нагретым до температуры кипения, то в однокорпусном аппарате на выпаривание 1 кг воды надо ... греющего пара.
4	Количество вторичного пара, при выпаривании из 1500 кг раствора с концентрацией $x_n = 10\%$ (масс) до $x_k = 30\%$ (масс), равно ... кг.
5	Если на выпаривание подается 5 %-ный раствор в количестве 0,15 кг/с, а получается 0,03 кг/с упаренного раствора. Концентрация упаренного раствора равна ... %.

## Блок Е

### 1. Ситуация.

**Задание.** Определить температуру кипения раствора под разрежением, если температурная депрессия  $28^\circ\text{C}$ , гидростатическая депрессия –  $3^\circ\text{C}$ , гидравлическая депрессия –  $1^\circ\text{C}$ . Температура кипения воды –  $60^\circ\text{C}$

### 2. Ситуация.

**Задание.** 0,28 кг/с пара конденсируется в барометрическом конденсаторе с помощью воды, начальная температура которой  $10^\circ\text{C}$ . Энтальпия конденсирующегося пара  $2682 \text{ кДж/кг}$ , конечная температура воды  $40^\circ\text{C}$ . Сколько воды потребуется для проведения конденсации?

### 3. Ситуация.

**Задание.** Определите поверхность нагрева выпарного аппарата по следующим исходным дан-ным: тепловая нагрузка  $8 \times 10^5$  Вт, коэффициент теплопередачи  $800 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , общая разность температур  $90^\circ\text{С}$ .

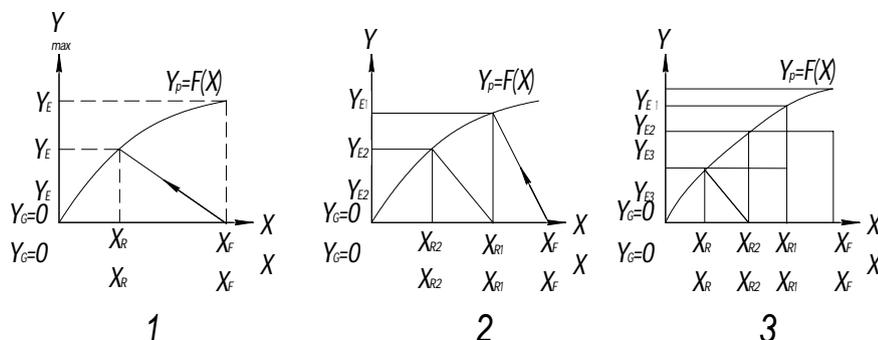
## Тема «Экстракция»

### Блок А

#### 1. Чем обусловлена низкая интенсивность массопередачи в распылительном экстрак-торе?

- осевой дисперсией;
- барботажем;
- высокой скоростью компонентов.

#### 2. Какая из приведенных на x-y диаграмме схем соответствует процессу многократной экстракции с перекрестным током растворителя ?



#### 3. Процессы разделения жидких смесей при помощи растворителя, избирательно растворяющего только извлекаемые компоненты, называют

- экстракцией;
- ректификацией;
- адсорбцией.

#### 4. Раствор извлеченных веществ в экстрагенте называют

- экстрактом;
- рафинатом.

#### 5. Раствор, из которого удалены экстрагируемые компоненты, называется

- экстрактом;
- рафинатом.

### Блок Б

#### 1. От каких параметров зависит скорость процесса экстрагирования

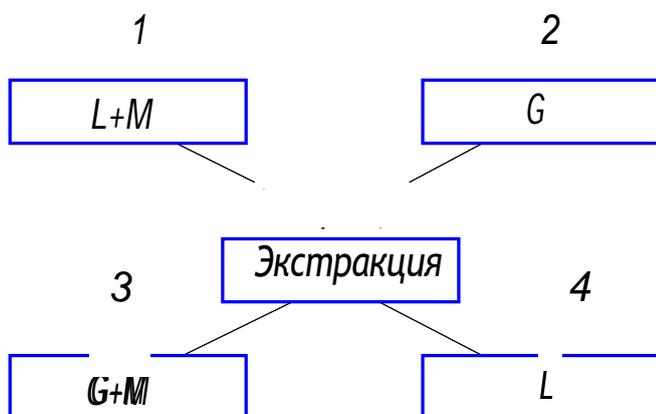
- от формы нахождения извлекаемого компонента в твердом теле-носителе;
- характера взаимодействия инертного твердого носителя с извлекаемым компонентом;
  - различия в избирательной способности экстрагента по отношению к компонентам, содержащимся в твердой фазе;
- от структуры пористого материала, а также от условий равновесия и кинетики процесса.

#### 2. Какие из перечисленных утверждений относятся к процессу экстракции? а) Происходит перенос вещества из одной жидкой фазы в другую жидкую фазу. б) Происходит перенос вещества из газа в жидкость.

- Газовая фаза должна перемещаться относительно жидкости.
- Одна жидкая фаза должна быть нерастворима в другой жидкости. д) Перенос вещества должен быть избирательным (селективным).
- Фазы, участвующие в массообмене должны отличаться по плотности.

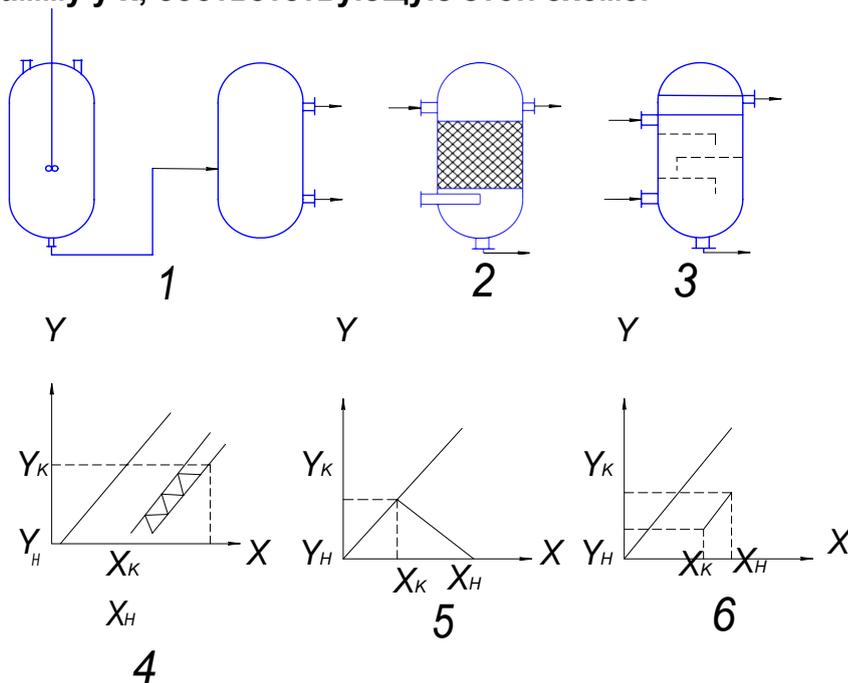
## Блок В

1. На рисунке приведена схема проведения процесса экстракции. Определите, каким по-зициям соответствует рафинат, экстрагент, исходная жидкость, экстракт.



M-количество распределяемого компонента.

2. На рисунке изображены схемы экстракторов и диаграммы у-х, отображающие процессы в этих экстрактах. Укажите схему смесительно-отстойного экстрактора и диаграмму у-х, соответствующую этой схеме.



Блок Г

№	Вопрос
1	... называется процесс извлечения одного или нескольких компонентов из смеси веществ путем обработки ее жидким растворителем, обладающим способностью избирательно растворять только извлекаемые компоненты.
2.	... экстракция применяется в производствах, связанных с получением спирта, вина, растительных масел и других пищевых продуктов.
3.	Движущей силой диффузии компонентов из исходных технологических сред в экстрагенты является ... .
4.	В технике жидкостной экстракции нашли применение лишь аппараты с ... тарел-

	ками.
5.	Согласно закону молекулярной диффузии Фика, расход вещества из частицы в экстрагент равен $M = D \frac{X}{n} S$
6.	К аппаратам для экстрагирования предъявляют следующие требования ...

7.	По способу и направлению движения фаз в процессе экстрагирования экстракторы можно разделить на следующие типы ....
8.	Сточные фенольные воды обрабатывают в экстракторе чистым бензолом. Содержание фенола в воде равно $0,4 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициент распределения равен 2. Равновесная концентрация ( $\text{кг/м}^3$ ) фенола в бензоле равна ... .

### Блок Д

#### 1. Установить в правильной последовательности стадии процесса экстрагирования в системе твердое тело-жидкость:

- а) перенос экстрагента к целевому компоненту, находящемуся в твердом материале; б) подвод экстрагента (растворителя) к поверхности раздела твердой и жидкой фаз;
- в) взаимодействие растворителя в результате проведения химической реакции или физического растворения с извлекаемым компонентом;
- г) отвод целевого компонента в ядро потока растворителя (экстрагента);
- д) перенос извлеченного компонента к границе раздела твердой и жидкой фаз.

### Блок Е

#### 1. Ситуация. Вы работаете на сахарном заводе.

**Задача.** Предложить меры по интенсификации процесса экстрагирования сахара из свеклы.

## Тема «Ректификация»

### Блок А

#### 1. Ректификация – это процесс

а) однократного частичного испарения жидкости с последующей конденсацией образующихся паров;

б) многократного частичного испарения жидкости с последующей конденсацией образующихся паров.

#### 2. Ректификация – это процесс \_\_\_\_\_ частичного испарения жидкости с последующей конденсацией образующихся паров

а) однократного; б) многократного.

#### 3. Жидкость, возвращаемая в ректификационную колонну для орошения и взаимодействия с поднимающимся паром, - это

а) дистиллят; б) флегма;

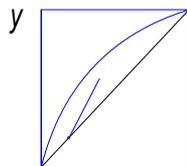
в) кубовый остаток; г) исходная смесь.

#### 4. Диаграмма соответствует процессу

а) абсорбция

б) ректификация  
перегонка

г) адсорбция



x

#### 5. В основе процесса разделения перегонкой лежит

а) различная растворимость компонентов; б) различная смачиваемость компонентов; в) различная летучесть компонентов.

#### 6. Состав пара, удаляющегося из ректификационной колонны в дефлегматор, равен составу

а) кубового остатка; б) исходной смеси; в) дистиллята.

#### 7. Дефлегматор в ректификационной установке служит для

а) охлаждения кубового остатка; б) нагревания исходной смеси; в) конденсации паров.

#### 8. Исходная смесь при ректификации подается в

а) нижнюю часть колонны; б) среднюю часть колонны; в) верхнюю часть колонны.

#### 9. Максимальная поверхность контакта фаз в противоточном насадочном колонном аппарате достигается в режиме:

а) пленочном; б) подвисяния;

в) эмульгирования;г)  
уноса.

### 10. Критериальное уравнение массоотдачи.

Критерии:  $Fr$  – Фруда;  $Ar$  – Архимеда;  $Nu$  – Нуссельта;  $Pr$  – Прандтля;  $Re$  – Рейнольдса;  $Fo$  – Фурье;  $Gr$  – Грасгофа;  $Eu$  – Эйлера.

а)  $Nu \propto f(Fo, Pe, Re, Fr, \Gamma$

...); б)  $Nu = f(Gr, Pr,$

$Re)$ ;

в)  $Nu = f(Eu, Gr, Ar, Fo)$ .

### 11. Движущей силой процесса ректификации является разность температур.

а) разность давлений;

б) разность концентраций;

в) разность давлений и концентраций.

### 12. Исходная смесь при ректификации подается в

а) нижнюю часть колонны; б)

среднюю часть колонны; в) верх-

нюю часть колонны.

### 13. Для проведения процесса ректификации применяются

а) тарельчатые колонны; б)

насадочные колонны; в) и те и

другие.

### 14. Эффективным режимом работы барботажных тарельчатых колонн является:

а) пузырьковый; б)

пенный;

в) струйный; г)

пленочный.

### 15. Уравнение материального баланса массообменного процесса

а)  $M \propto L \propto x_k \propto x_n \propto$  ;

б)  $G \propto y_n \propto y_k \propto \propto L \propto x_k$

$\propto x_n \propto$  ; в)  $y^* = mx$ .

### 16. Состав пара, удаляющегося из ректификационной колонны в дефлегматор, равен со-

ставу

а) кубового остатка; б)

исходной смеси; в) дис-

тиллята.

### 17. Гидравлическое сопротивление орошаемой насадки по сравнению с сопротивлением сухой насадки

а) больше; б)

меньше;

в) одинаковые;

г) немного меньше.

### 18. Перегонка и ректификация применяются для разделения

а) гомогенных технологических сред; б) гете-

рогенных технологических сред.

### 19. Движущая сила процесса ректификации:

а)  $y \propto y^*$  ;

б)  $y^* \propto y$

;

в)  $y \propto x$  ;

г)  $x \neq y^*$ .

**20. В смеси «этиловый спирт – вода» высококипящим компонентом является:**  
а) этиловый спирт; б)  
вода.

**21. Гидравлическое сопротивление определяется по формуле:**

$$\rho \frac{w^2}{g}$$

$$\xi = \frac{g}{g_{тв}}$$

где  $\xi$  – коэффициент сопротивления тарелки;

$\rho$  – плотность газа;

$w_{отв}$  – скорость газа в отверстиях тарелки.

- а) Сопротивление, обусловленное силами поверхностного натяжения.
- б) Сопротивление сухой тарелки.
- в) Сопротивление орошаемой тарелки.
- г) Сопротивление газо-жидкостного слоя.

## 22. Процесс переноса одного или нескольких веществ из одной фазы в другую называется

- а) массоотдачей; б) массопередачей;
- в) молекулярной диффузией.

## Блок Б

### 1. Конечными продуктами процесса ректификации являются

- а) дистиллят; б) флегма;
- в) кубовый остаток; г) исходная смесь.

### 2. Гидродинамические режимы работы тарельчатых колонных аппаратов

- а) пузырьковый; б) пенный;
- в) струйный;
- г) эмульгирования.

### 3. Гидродинамические режимы работы насадочных колонных аппаратов

- а) пленочный; б) подвисяния;
- в) эмульгирования; г) пузырьковый.

### 4. Тарелки со сливными устройствами

- а) колпачковая; б) клапанная; в) ситчатая;
- г) решетчатая.

### 5. Тарелки провального типа

- а) дырчатая; б) решетчатая; в) волнистая;
- г) колпачковая.

### 6. На рисунке приведена блок – схема синтеза метанола

исходный      1      2      3      4      5      6

	1	2	3	4	5	6
исходный газ						метанол-сырец
газ						метанол-сырец

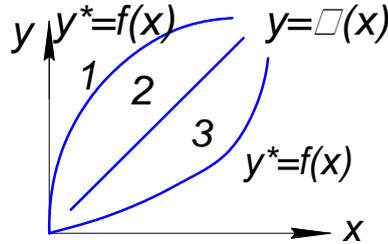
Обозначения:

1 – масляный фильтр; 2 – угольный фильтр; 3 – колонна синтеза;

- 4 – холодильник – конденсатор; 5 – сепаратор;  
6 – компрессор.

Процессы в каких из названных выше аппаратов изучаются в курсе процессов и аппаратов химической технологии?

**7. Укажите линии на диаграмме, характеризующие процесс ректификации**



**8. Величина движущей силы массообменного процесса зависит от:**

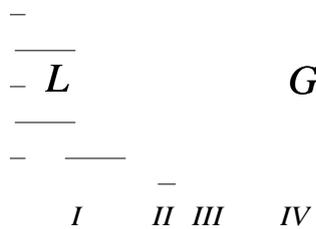
- а) концентрации фаз;
- б) взаимного направления движения фаз; в) вида их контакта;
- г) расхода фаз.

**9. Гидравлическое сопротивление орошаемой тарелки колонного аппарата зависит от:**

- а) сопротивления сухой насадки;
- б) сопротивление газожидкостного потока на тарелке;
- в) сопротивления, обусловленного силами поверхностного натяжения; г) конструкции колонны

**10. На рисунке изображена схема массообмена между фазами G и L, включая 4 занумерованные зоны: пограничные слои и ядра потоков фаз. В каких зонах преимущественную роль играет конвективный перенос массы?**

*Граница раздела фаз*



III IV

**11. Связь между коэффициентами массопередачи  $K_y$  и  $K_x$  и фазовыми коэффициентами массоотдачи  $\beta_y$  и  $\beta_x$ , где  $m$  – тангенс угла наклона линии равновесия**

- а)  $K_y = \frac{\beta_y}{1 + m \frac{\beta_y}{\beta_x}}$  ;
- б)  $\frac{1}{K_x} = \frac{1}{\beta_x} + \frac{1}{\beta_y m}$  ;

\_\_\_\_\_ )  
y

$$в) \frac{K_x}{m} ;$$

□

$$г) K_y \frac{1}{m} .$$

**12. Колонные тарельчатые аппараты могут работать в гидродинамических режимах:**

а) пузырьковом; б)  
 пленочном; в) под-  
 висания;

- г) пенном; д) струйном;
- е) эмульгирования.

### Блок В

#### 1. Установите соответствие между уравнением рабочей линии и частью колонны

а) Укрепляющая часть колонны;

б) Исчерпывающая часть колонны.

$$1) y = \frac{R}{R+1} x + \frac{R}{R+1} x_p$$

$$2) y = \frac{R+1}{R} x - \frac{1}{R} x_w$$

### Блок Г

№	Вопрос
1	Для одних и тех же условий разделения жидкой смеси методом ректификации были выполнены два расчета при различных флегмовых числах R1=7 и R2=1. Расчетные диаметры этих колонн будут находиться в соотношении ... .
2	Целевой компонент всегда переходит из фазы, где содержание ее ... равновесной.
3	Закон ... : летучесть любого компонента идеального раствора равна летучести чистого компонента, умноженной на его мольную долю.
4	Согласно закону ..., общее давление пара над раствором равно сумме парциальных давлений его компонентов.
5	Смеси с взаимно растворимыми компонентами в любых соотношениях, подчиняющиеся закону Рауля называются ... .
6	Первое правило Вревского: При повышении температуры бинарной смеси в парах возрастает относительное содержание того компонента, у которого ... .
7	Зависимость давления насыщенного пара от температуры описывается эмпирическим уравнением Антуана: ... .
8	Пар обогащается тем компонентом, добавление которого в жидкости ... давление пара над ней, или ... ее температуру кипения.
9	Если давление и температура сосуществования двух бинарных фаз имеют экстремум, то составы фаз ... .
10	Смещение состава азеотропной смеси при изменении внешних условий определяется вторым законом ... .

### Блок Е

**1. Ситуация.** Вы работаете на спиртзаводе. На предприятие имеется ректификационная колонна, служащая для увеличения концентрации этанола в воде от  $x_f =$

10 % мол до  $x_D = 80$

%мол.

**Задача.** Определить минимальное флегмовое число данной колонны. Пояснить на что оно влияет.

**2. Ситуация.** Вы работаете на спиртзаводе. Ректификационная колонна в вашем цеху работает при флегмовом числе, равном  $R = 2,5$ , а дистиллят должен иметь концентрацию 82 % мол. Число реальных тарелок в верхней части колонны 12, КПД тарелок  $\eta_T = 0,5$ .

**Задача.** Определить минимальное содержание этилового спирта  $x_F$  на нижней (питательной) тарелке укрепляющей части колонны, служащей для увеличения содержания этилового спирта смеси с водой

## Тема «Абсорбция»

### Блок А

1. Какое из выражений является уравнением рабочей линии массообменных процессов?

- а)  $y = mx$ ;  
 б)  $M = L(x_K - x_H)$ ;  
 в)  $M = G(y_H - y_K)$ ;  
 г)  $y = \frac{L}{G}x = \frac{G_H y_H - L_K x_K}{G}$ .

2. Укажите правильную запись числа единиц переноса массы при абсорбции а)  $K_y F = Y_{cp}$ ;

б)  $\frac{y_b - y_m}{2,3lg \frac{y_b}{y_m}}$ ;

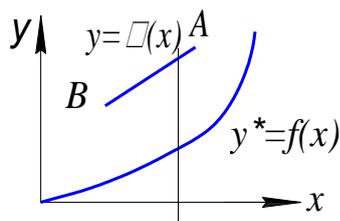
в)  $\frac{y_H - y_K}{y_{cp}}$ ;

г)  $G(y_H - y_K)$ .

3. Как меняется растворимость газа в жидкости, если повысить давление и снизить температуру?

- а) Увеличится. б) Уменьшится. в) Не изменится.

4. Диаграмма  $y-x$  соответствует процессу



- а) абсорбции;  
 б) ректификации; в) перегонки.

4. Средняя движущая сила процесса абсорбции в случае, если линия равновесия является прямой

а)  $y_{cp} = \frac{y_H - y_K}{\int_{y_K}^{y_H} \frac{dy}{y - y^*}}$ ;

б)  $\Delta y_{cp} = \frac{y_b - y_m}{2,3lg \frac{y_b}{y_m}}$ ;

в)  $y - y^*$ ;

г)  $y^* - y$ .

5. Уравнения массоотдачи при абсорбции для всего аппарата

а)  $M = y F (y - y_{cp})$ ;

б)  $M \square K_y F \square y_{cp}$ ;

в)  $M \square K_y F(y \square$

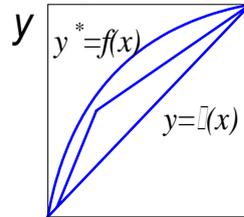
$y \square)$ ; г)  $M \square K_y$

$F(x \square \square x)$ .

6. Число единиц переноса при абсорбции, если  $y_n = 0,02$ ;  $y_k = 0,01$ ;  $\Delta y_{\text{ср}} = 0,01$ , равно:

- а) 2;
- б) 0,025;
- в) 1;
- г) 0,5.

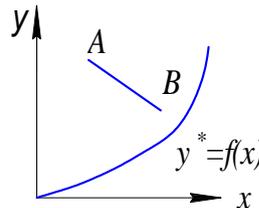
7. Диаграмма соответствует процессу



X

- а) абсорбция;
- б) ректификация; в) перегонка.

8. Диаграмма соответствует процессу абсорбции при



- а) противотоке; б) прямотоке;
- в) перекрестном токе; г) смешанном токе.

9. Какие критерии подобия записаны ниже:

$$1 - \frac{\rho \rho l}{D}; \quad 2 \frac{D \rho \rho}{l^2}; \quad 3 \frac{\rho}{\rho \rho D}$$

- а)  $Pr, Nu, Fo$ ;
- б)  $Nu, Fo, Pr$ ;
- в)  $Nu, Pr, Fo$ ;
- г)  $Fo, Pr, Nu$ .

10. Уравнение линии равновесия  $y^* = 0,5x$ ; коэффициент массоотдачи  $\beta_y = 10$ ,  $\beta_x = 5$ . Чему равны численные значения коэффициентов массопередачи  $K_y$  и  $K_x$ ?

- а)  $K_y = 3,33$        $K_x = 4$ ;
- б)  $K_y = 2,5$        $K_x = 5$ ;
- в)  $K_y = 4$        $K_x = 5$ ;
- г)  $K_y = 5$        $K_x = 2,5$ .

11. Движущая сила процесса массопередачи в случае, если линия равновесия является кривой

- а)  $\frac{y_6 - y_M}{2,3 \lg \frac{y_6}{y_M}}$ ;
- б)  $y_H - y_K$ ;

$$\begin{aligned}
 & \int_{y_H}^{y_*} \frac{dy}{y - y^*} \\
 & \int_{y_H}^{y_*} \frac{dy}{y - y^*} \\
 \text{B) } & \int_{y_K}^{y_*} \frac{dy}{y - y^*} ;
 \end{aligned}$$

г)  $y - y^*$ .

## 12. Уравнение линии равновесия

а)  $M = L(x_K - x_H)$ ;

б)  $G = y_H - y_K = L(x_K - x_H)$ ;

в)  $y^* = mx$ .

13. Когда основное диффузионное сопротивление сосредоточено в жидкой фазе, то

а)  $\frac{m}{1} \ll 1$ ;

б)  $\frac{x}{m y} \ll \frac{y}{x}$ ;

в)  $y \ll x$

; г)  $m y =$

$x$ .

## 14. Гидравлическое сопротивление определяется по формуле:

$\rho \frac{w^2}{2}$

$\xi = \frac{\rho w^2}{2}$ ,

где  $\xi$  – коэффициент сопротивления тарелки;

$\rho$  – плотность газа;

$w_{отв}$  – скорость газа в отверстиях тарелки.

а) Сопротивление, обусловленное силами поверхностного натяжения. б) Сопротивление сухой тарелки.

в) Сопротивление орошаемой тарелки.

г) Сопротивление газо-жидкостного слоя.

## 15. Коэффициент молекулярной диффузии в жидкостях и газах при увеличении температуры

а) в жидкостях увеличивается, а в газах уменьшается. б) в жидкостях и газах уменьшается.

в) в жидкостях уменьшается, а в газах увеличивается. г) в жидкостях и газах увеличивается.

## 16. Какие технологические процессы можно осуществить с использованием абсорбции?

а) Разделение паровых смесей.

б) Получение раствора газа в жидкости. в) Разделение газовых смесей.

г) Поглощение газов из газовых смесей твердыми поглотителями.

## 18. Что является движущей силой процесса абсорбции?

а) Разность между равновесными концентрациями распределяемого вещества в контактируемых фазах.

б) Разность между концентрациями в ядре потока и на границе раздела фаз.

в) Разность между рабочей и равновесной концентрациями в одной из контактирующих фаз. г) Разность между рабочими концентрациями распределяемого вещества в контактирующих фазах.

## 19. Укажите выражение общего диффузионного сопротивления при проведении процесса абсорбции, где $m$ – тангенс угла наклона линии равновесия

$$a) \frac{1}{\frac{1}{y} - \frac{m}{x}};$$

$$b) \frac{1}{1} + \frac{m}{x};$$

$$B) \frac{y}{x} - \frac{x}{y};$$

$$\text{г) } \frac{1}{\Delta y} \approx \frac{1}{\Delta x}$$

20. Число единиц переноса массы при абсорбции, если  $y_n = 0,11$ ;  $x_n = 0$ ;  $x_k = 0,05$ ;  $L/G = 2$ ;

$\Delta y_{\text{ср}} = 0,01$ , равно:

- а) 10;
- б) 0,1;
- в) 2,5;
- г) 0,4.

21. Растворимость газа в жидкости увеличивается

- а) со снижением температуры;
- б) со снижением давления и повышением температуры; в) с повышением давления и понижением температуры; г) с повышением давления.

22. Движущей силой процесса абсорбции в любом сечении аппарата является

- а) разность концентраций в ядре и на границе фазы;
- б) разность рабочих концентраций распределяемого вещества в контактирующих фазах;
- в) разность между равновесной и рабочей концентрациями в одной из контактирующих фаз.

23. Когда основное диффузионное сопротивление сосредоточено в газовой фазе, то

- а)  $\frac{m}{K} \gg 1$  ;
- б)  $\frac{m^x}{K} \approx \frac{m^y}{K}$  ;
- в)  $\frac{m^x}{K} \approx \frac{m^y}{K}$  ;
- г)  $\frac{1}{K} \approx \frac{m}{K}$  .

24. При повышении температуры в абсорбере интенсивность процесса

- а) повышается; б) понижается;
- в) остается неизменной.

25. Для хорошо растворимых компонентов величина коэффициента распределения является

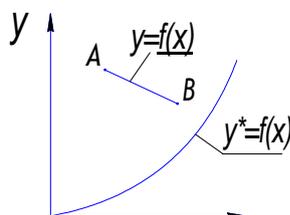
- а) стремящейся к бесконечности; б) стремящейся к нулю.

26. При повышении давления в абсорбере растворимость целевого компонента в абсорбенте

- а) увеличивается; б) уменьшается;
- в) остается неизменной.

27. Диаграмма соответствует процессу абсорбции при ... движении фаз.

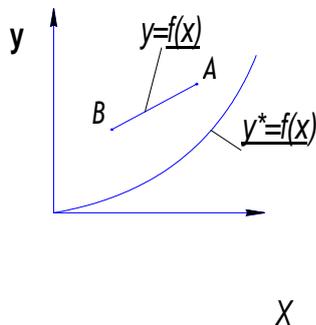
- а) прямоточном; б) противоточном; в) перекрестном; г) смешанном.



X

28. Диаграмма соответствует процессу абсорбции при движении фаз

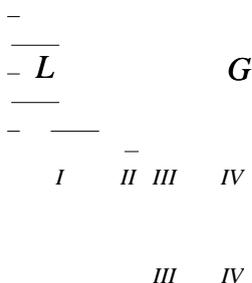
- а) противоточном; б) прямоточном; в) перекрестном; г) смешанном.



**Блок Б**

1. На рисунке изображена схема массообмена между фазами G и L, включая 4 занумерованные зоны: пограничные слои и ядра потоков фаз. В каких зонах преимущественную роль играет молекулярная диффузия?

*Граница раздела фаз*



- а) 1, 2;
- б) 2, 3;
- в) 1, 4;
- г) 1, 2 или 3, 4.

2. Основными характеристиками насадки являются:

- а) размеры элемента;
- б) удельная поверхность;
- в) гидравлическое сопротивление; г) свободный объем.

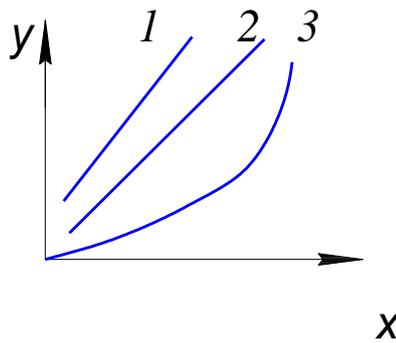
3. Какие из перечисленных факторов способствуют интенсификации процесса абсорбции:

- а) увеличение температуры; б) уменьшение температуры; в) увеличение давления;
- г) уменьшение давления.

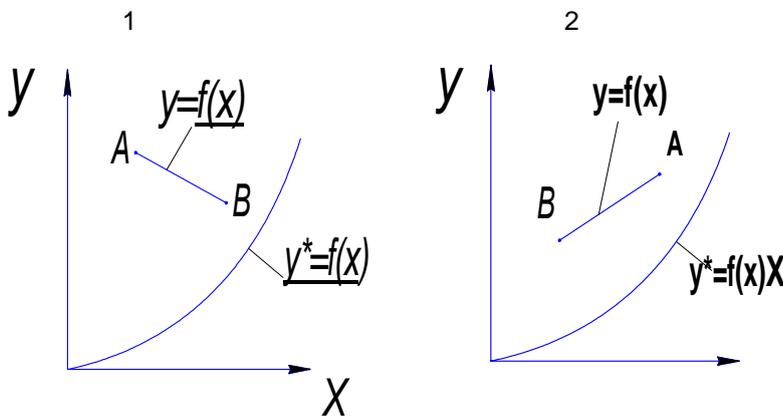
**Блок В**

1. На диаграмме у-х изображены три линии, характеризующие процесс абсорбции: рабочая, равновесная и кинетическая. Установите соответствие между

**названием и номером линии.**

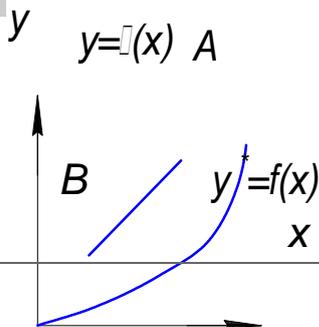


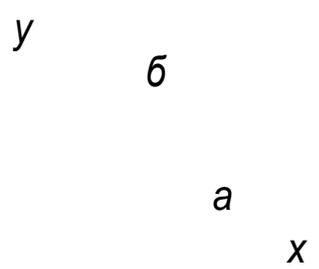
**2. Установите соответствие между диаграммами и их названиями. соответствует**  
 а) Диаграмма процесса абсорбции при прямоточной схеме. б) Диаграмма процесса абсорбции при противоточной схеме.



**Блок Г**

№	Вопрос
1	В абсорбционном аппарате коэффициенты массоотдачи имеют следующие значения $\beta_y = 1$ ; $\beta_x = 10$ ; уравнение равновесия имеет вид $y^* = 20x$ ; коэффициенты массопередачи $K_y$ и $K_x$ равны ... и ...
2	Целевой компонент всегда переходит в фазу, в которой содержание его ... равновесной.
3	
4	Если $y_n = 0,02$ ; $y_k = 0,01$ , уравнение рабочей линии $y = 2x$ ; уравнение линии равновесия $y^* = x$ . Число единиц переноса массы при абсорбции равно ... ,
5	Диаграмма соответствует процессу абсорбции при ... движении фаз



6	<p>На диаграмме, соответствующей процессу абсорбции, линия <b>a</b> – это ...</p> 
---	---

7	Число единиц переноса массы при абсорбции, если $y_n = 0,06$ ; $x_n = 0$ ; $x_k = 0,01$ ; $L/G = 5$ ; $\Delta y_{cp} = 0,02$ , равно ... .
8	Число единиц переноса массы при абсорбции, если $y_n = 0,1$ ; $y_k = 0,01$ ; уравнение рабочей линии $y = 2x$ ; уравнение линии равновесия $y^* = x$ , равно ... .
9	Для интенсификации процесса абсорбции хорошо растворимых компонентов надо по возможности увеличить значение коэффициента массоотдачи в ... фазе.
10	Для интенсификации процесса абсорбции плохо растворимых веществ следует стремиться увеличить значение коэффициента массоотдачи в ... фазе.
11	В процессе абсорбции хорошо растворимого газа основное (лимитирующее) сопротивление сосредоточено в ... фазе.

### Блок Е

**1. Ситуация.** Вы работаете на предприятии по производству азотной кислоты.

**Задание.** Интенсифицировать процесс абсорбции.

**2 Ситуация.** Вы работаете оператором противоточного насадочного абсорбера, служащего для поглощения аммиака из смеси его с воздухом водой при следующих условиях: начальная концентрация аммиака в воде  $x_n = 0$  кмоль/кмоль, ее расход  $L = 3,89 \cdot 10^{-2}$  кмоль/с, конечная  $y_k = 0,0025$  кмоль/кмоль. Расход газовой смеси  $G = 1,94 \cdot 10^{-2}$  кмоль/с.

**Задание.** Определить какой должна быть концентрация аммиака в воде на выходе из абсорбера.

**Тема «Мембранные процессы» Блок А**

**1. Самопроизвольный переход растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор под действием давления, превышающее осмотическое, - это**

а) обратный осмос; б) ультрафильтрация; в) осмос.

**2. Движущей силой баромембранного процесса является:**

а) разность давлений;  
б) градиент концентрации;  
в) градиент электрического потенциала.

**3. Движущей силой мембранного процесса является:**

а) разность давления над мембраной и осмотическим давлением; б) разность давления над и под мембраной.

**4. В процессе эксплуатации мембранных установок происходит:**

а) снижение производительности; б) увеличение производительности.

**Блок Б**

**1. Уменьшение размера пор в мембране приводит к**

а) увеличению способности задерживать более мелкие частицы; б) необходимость использования более высокого давления;  
в) увеличению удельной производительности мембраны.

**2. Для получения мембраны используют:**

а) ацетат целлюлозы;  
б) металл (сталь, золото, серебро);  
в) кремнийорганические соединения; г) стекло.

## Тема «Кристаллизация»

### Блок А

**1. Процесс выделения твердого вещества из его пересыщенного раствора или расплава называется**

- а) кристаллизацией; б) адсорбцией;
- в) экстрагированием.

**2. Перемешивание раствора при кристаллизации способствует получению более**

- а) крупных кристаллов; б) мелких кристаллов.

**3. Осуществляется ли процесс кристаллизации из пересыщенных растворов?**

- а) да;
- б) нет.

### Блок Б

**1. Факторы, способствующие получению крупных кристаллов**

- а) медленное охлаждение; б) неподвижность раствора; в) высокая температура;

**2. Факторы, способствующие получению мелких кристаллов**

- а) быстрое охлаждение;
- б) неподвижность раствора; в) высокая температура.