

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 27.06.2022 15:46:50  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad56

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет  
Кафедра

Естественнонаучный  
Химии и химической технологии

Оценочные материалы по дисциплине (модулю)

дисциплина

*Процессы и аппараты химической технологии*

**Блок Б1, обязательная часть, Б1.О.30**

цикл дисциплины и его часть (обязательная часть или часть, формируемая участниками образовательных отношений)

Направление

**18.03.01**  
код

**Химическая технология**  
наименование направления

Программа

**Химическая технология синтетических веществ**

Форма обучения

**Очная**

Для поступивших на обучение в  
**2021 г.**

Разработчик (составитель)  
к.х.н., доцент  
Колчина Г. Ю.  
ученая степень, должность, ФИО

<b>1. Перечень компетенций, индикаторов достижения компетенций и описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Оценочные средства, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания .....</b>	<b>38</b>

**1. Перечень компетенций, индикаторов достижения компетенций и описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Показатели и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)				Вид оценочного средства
			1	2	3	4	
			неуд.	удовл.	хорошо	отлично	
ПК-2. Выполнение работ по комплексному контролю продукции и технологических процессов производства наноструктурированных композиционных материалов	ПК-2.1. анализирует и рассчитывает основные характеристики химического процесса по получению синтетических веществ	Обучающийся должен: знать теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для	Не знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.	Знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов, допускает грубые ошибки в знаниях.	Знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов, допускает неточности.	Знает в совершенстве основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.	Коллоквиум

		их реализации.					
ПК-2.2.	Обучающийся пользуется знаниями физико-химических основ процессов получения синтетических веществ различной природы; определяет на профессиональном уровне особенности работы различных типов технологических установок, применяемых в производстве химии органического и неорганического синтеза	Обучающийся должен: уметь выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты.	Не умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов, допускает грубые ошибки.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов, допускает несерьезные ошибки.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.	Индивидуальные задания
ПК-2.3.	Обучающийся	Обучающийся	Не владеет	Владеет	Владеет	Владеет в	Контрольна

	способен произвести выбор типа реактора, рассчитать основные характеристики химического процесса, произвести расчет технологических параметров для заданного процесса	должен: владеть методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами.	навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности.	навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности.	навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности, проектирования теплообменного оборудования и аппаратов для проведения массообменных процессов, методами оптимизации режимно-технологических параметров проведения типовых химико-технологических процессов и работы химического оборудования, допускает неточности в расчетах.	совершенстве навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности, проектирования теплообменного оборудования и аппаратов для проведения массообменных процессов, методами оптимизации режимно-технологических параметров проведения типовых химико-технологических процессов и работы химического оборудования.	я работа
ОПК-4. Способен	ОПК-4.3.	Обучающийся	Не владеет	Владеет	Владеет	Владеет в	Контрольна

<p>обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>рассчитывает основное и вспомогательное оборудование, материальны й и тепловой балансы, основные технологические параметры установки при изменении свойств сырья и готовой продукции химических предприятий.</p>	<p>должен: знать базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии; разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые процессы и аппараты: основы теории</p>	<p>навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменным и аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественны х характеристик процессов</p>	<p>навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменным и аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественны х характеристик процессов, допускает грубые ошибки</p>	<p>навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменным и аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественны х характеристик процессов, допускает несерьезные ошибки</p>	<p>совершенстве навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменным и аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественны х характеристик процессов</p>	<p>я работа</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------

		передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода тепла химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный					
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--

		обмен, растворение и кристаллизация ; мембранные процессы химической технологии.					
ОПК-4.2. определяет основные статические и динамические характеристики объектов; выбирает рациональную систему регулирования технологического процесса, конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Обучающийся должен: уметь проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-	Не умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; допускает грубые ошибки	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-	Тестовые задания

		технологическо го процесса.			го процесса, допускает несерьезные ошибки	го процесса	
	ОПК-4.1. способен применять методы и средства диагностики и контроля основных технологичес ких параметров, математическ ие методы, применяемые в теории автоматическ ого управления.	Обучающийся должен: владеть навыками практической работы с гидромеханичес кими, тепло- и массообменным и аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественны х характеристик процессов.	Не знает базовые закономерности гидромеханичес ких, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов	Знает базовые закономерности гидромеханичес ких, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, допускает грубые ошибки	Знает базовые закономерности гидромеханичес ких, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии, допускает несерьезные ошибки	Знает базовые закономерности гидромеханичес ких, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии; разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые	Коллоквиум

						<p>процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода тепла химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью</p>	
--	--	--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

						контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация ; мембранные процессы химической технологии	
--	--	--	--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## 2. Оценочные средства, необходимые для оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

### Перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия процессов и аппаратов химической технологии. Предмет и задачи курса.
2. Расчет выпарных установок.
3. Классификация и устройство выпарных аппаратов.
4. Гидродинамическое сопротивление и потерянный напор.
5. Типы химических производств.
6. Система единиц измерения физических величин.
7. Режимы движения жидкости: ламинарный, переходный и турбулентный
8. Технологические схемы установок для простого и многократного выпаривания и выпаривания с применением теплового насоса.
9. Тепловой и материальный баланс выпаривания.
10. Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования. Принцип Ле-Шателье. Правило фаз Гиббса. Материальный и энергетический балансы.
11. Уравнение Дарси-Вейсбаха.
12. Коэффициенты гидравлического сопротивления и их определение.
13. Процессы выпаривания. Физико-химические основы.
14. Классификация процессов выпаривания.
15. Физико-химические и теплофизические свойства сред, участвующих в процессах.
16. Однородные и неоднородные смеси. Плотность. Вязкость. Поверхностное натяжение.
17. Потери напора на местных сопротивлениях.
18. Коэффициенты местного сопротивления.
19. Классификация и устройство теплообменной аппаратуры.
20. Основные положения метода расчета рекуперативных теплообменников.
21. Основы гидравлических процессов.
22. Расчет трубопроводов.
23. Критерии теплового подобия и критериальные уравнения.
24. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Физический смысл уравнений. Частные случаи написания уравнений.
25. Насосы. Классификация и основные особенности конструкций.
26. Общая схема насосной установки.
27. Конвективный теплообмен и закон Ньютона.
28. Коэффициент теплоотдачи.
29. Уравнения Эйлера. Уравнение неразрывности.
30. Отстаивание и осаждение.
31. Тепловое излучение и законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта.
32. Расчет лучистого теплообмена для простых случаев.
33. Основное уравнение гидростатики. Приборы для измерения давления.
34. Примеры практического использования основного уравнения.

35. Фильтрация.
36. Способы передачи тепла.
37. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности.
38. Основы гидродинамики.
39. Уравнение Бернулли для потоков идеальной и реальной жидкостей и его физический смысл.
40. Классификация процессов разделения.
41. Материальный баланс процессов разделения.
42. Тепловые процессы. Физические основы теплообмена.
43. Геометрический, пьезометрический и гидродинамический напоры.
44. Кинетика осаждения и кинетика фильтрации.
45. Критериальные уравнения осаждения для различных режимов.
46. Критериальное уравнение фильтрации.
47. Перемешивание жидких, пластических и сыпучих сред.
48. Классификация и устройство основных типов смесительных машин.
49. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости.
50. Процессы отстаивания и осаждения жидких неоднородных систем.
51. Отстаивание под действием гравитационных сил.
52. Осаждение под действием центробежных сил
53. Процессы псевдооживления.
54. Классификация и устройство аппаратов с псевдооживленным слоем.
55. Классификация и устройство оборудования для отстаивания и осаждения.
56. Процессы фильтрации.
57. Виды фильтрации. Движущие силы и скорость.
58. Классификация и устройство оборудования для фильтрации жидких неоднородных систем.
59. Процессы разделения неоднородных газовых систем.
60. Классификация и устройство газоочистительного оборудования

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах химической технологии.
2. Классификация основных процессов химической технологии.
3. Основы гидравлики. Общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре. Физические свойства жидкостей.
4. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики.
5. Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкостей. Уравнение неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
6. Гидродинамика. Уравнение Бернулли. Практические приложения уравнения Бернулли. Дифференциальное уравнение движения Навье-Стокса. Основные теории подобия и анализа размерностей.

7. Прикладные задачи гидродинамики. Течение ньютоновских и неньютоновских жидкостей в трубах. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Расчет трубопроводов для транспорта жидкостей. Истечение жидкости. Потери напора.
8. Перемещение жидкостей. Общие сведения. Основные параметры насосов. Напор насоса. Высота всасывания. Классификация насосов.
9. Центробежные и поршневые насосы. Насосы других типов. Сравнение и области применения насосов различных типов.
10. Перемещение и сжатие газов. Общие сведения. Классификация компрессоров. Основные параметры работы компрессоров. Термодинамические основы процесса сжатия газов.
11. Устройство и принцип работы поршневых компрессоров.
12. Устройство и принцип работы ротационных компрессоров и газодувок.
13. Устройство и принцип работы центробежных машин.
14. Устройство и принцип работы вакуум-насосов. Сравнение и области применения компрессорных машин различных типов.
15. Гидромеханические процессы. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения.
16. Осаждение. Общие сведения. Пути интенсификации процесса осаждения. Расчет отстойников. Фактор разделения.
17. Конструкции отстойных и фильтрующих центрифуг.
18. Разделение неоднородных газовых систем. Устройство и принцип работы циклонов.
19. Фильтрование. Виды фильтрования. Основное уравнение фильтрования. Фильтровальные перегородки. Расчет фильтров.
20. Устройство фильтров.
21. Центрифугирование. Основные положения. Центробежная сила и фактор разделения. Процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах.
22. Устройство и расчет центрифуг.
23. Разделение газовых систем (очистка газов). Общие сведения. Мокрая очистка газов. Гравитационная очистка газов. Электрическая очистка газов.
24. Процессы образования неоднородных систем. Общие сведения. Перемешивание в жидких средах. Способы перемешивания. Классификация механических мешалок.
25. Псевдооживление. Типы зернистых слоев. Основные характеристики псевдооживленного слоя. Классификация конструкций аппаратов псевдооживления.
26. Перемешивание. Способы перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Конструкции механических мешалок.
27. Основы теплопередачи. Общие сведения. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи. Конвективный и нестационарный теплообмен.
28. Нагревание (охлаждение) жидкостей и газов.
29. Конструкции теплообменных аппаратов.
30. Выпаривание. Общие сведения. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.
31. Устройство выпарных аппаратов.
32. Расчет многокорпусных выпарных аппаратов.

33. Расчет теплообменных аппаратов. Расчет конденсаторов паров.
34. Основы массопередачи. Классификация процессов массопередачи.  
Уравнения массопередачи, аддитивности, массоотдачи
35. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
36. Абсорбция. Общие сведения. Материальный и тепловой балансы процесса.
37. Расчет абсорберов.
38. Устройство и схемы абсорбционных аппаратов и установок.
39. Перегонка. Общие сведения. Классификация бинарных смесей. Правило фаз и основные законы перегонки. Простая перегонка. Материальный и тепловой расчёты простой перегонки.
40. Ректификация. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны.
41. Экстракция. Общие сведения. Экстракция из жидких систем. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Методы экстракции.
42. Экстрагирование из твердых тел. Равновесие и скорость процессов экстрагирования и растворения. Способы экстракции и растворения.
43. Устройство экстракционных аппаратов.
44. Расчет экстракционных аппаратов.
45. Адсорбция. Общие сведения. Характеристики адсорбентов и их виды.  
Равновесие при адсорбции.
46. Расчет адсорбентов.
47. Устройство адсорбентов и схемы адсорбционных установок.
48. Ионообменные процессы.
49. Сушка. Общие сведения. Статика сушки. Виды связи влаги с материалом.  
Кинетика сушки. Уравнения скорости сушки.
50. Материальный и тепловой баланс реального процесса сушки.
51. Конструкции и типы сушилок.
52. Кристаллизация. Общие сведения. Кинетика процесса кристаллизации.  
Способы кристаллизации.
53. Устройство и расчет кристаллизаторов.
54. Выщелачивание.
55. Кристаллизация.
56. Мембранные методы разделения. Общие сведения. Мембранные процессы разделения и способы их организации. Теоретические основы разделения обратным осмосом и ультрафильтрацией. Основные конструкции мембранных ячеек.

**Критерии оценки (в баллах):**

*- 25-30 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;*

- 17-24 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- 0-10 баллов выставляется студенту, если он отказался от ответа или не смог ответить на вопросы билета, ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## **Коллоквиумы**

Описание коллоквиума:

В задачу коллоквиума входит проверка знаний основных понятий, систематических знаний фактов и теорий, умение применять теории для объяснения фактов и использовать их для иллюстрации изученных теорий, проверка умения распознавать вещества и делать простейшие опыты. Проверая знания, необходимо учитывать умение студентов излагать материал в системе, делать выводы, мыслить логически.

**Вопросы к коллоквиумам:**

### **КОЛЛОКВИУМ №1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ КУРСА "ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ". ГИДРАВЛИКА**

1. Понятия «процесс», «технология», виды процессов. Классификация процессов химической технологии (в зависимости от основных законов, определяющих скорость их протекания, по способу организации, по распределению времен пребывания частиц среды, в зависимости от изменения параметров во времени). Основное уравнение процесса.

2. Гидростатика. Виды жидкостей. Основные свойства жидкостей. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Закон трения Ньютона. Дифференциальные уравнения Эйлера. Закон Паскаля. Закон сохранения энергии в гидростатике.

3. Гидродинамика. Расход жидкости. Истинная и средняя скорости. Уравнение расхода. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Площадь живого сечения, гидравлический радиус, смоченный периметр, эквивалентный диаметр. Движение жидкости (ламинарный и турбулентный режимы течения). Критерий Рейнольдса. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости Эйлера. Уравнение Д. Бернулли. Уравнение Навье-Стокса. Обобщенное критериальное уравнение

гидродинамики. Основные критерии гидродинамического подобия. Истечение жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Потери напора на трение и потери напора на местных сопротивлениях. Шероховатости. Формулы для определения коэффициента трения.

## **КОЛЛОКВИУМ №2**

1. Перемещение жидкостей. Самотек. Принудительное течение. Насосы.
  - 1.1. Классификация насосов. Механические и немеханические насосы.
  - 1.2. Основные параметры работы насосов.
  - 1.3. Устройство и принцип работы поршневых насосов.
  - 1.4. Устройство и принцип работы плунжерных насосов.
  - 1.5. Устройство и принцип работы центробежных насосов.
  - 1.6. Другие типы насосов\* (дополнительный вопрос).
2. Сжатие и перемещение газов. Компрессорные машины.
  - 2.1. Классификация основных типов компрессоров.
  - 2.2. Термодинамика компрессорного процесса.
  - 2.3. Основные параметры работы компрессоров.
  - 2.4. Конструкции поршневых компрессоров.
  - 2.5. Конструкции ротационных компрессоров.
  - 2.6. Центробежные компрессорные машины (вентиляторы и компрессоры).
  - 2.7. Осевые вентиляторы и компрессоры.
  - 2.8. Вакуум-насосы.
  - 2.9. Сухие и мокрые газовые хранилища (газгольдеры).

## **Коллоквиум № 3**

### **ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**

1. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения. Расход.
2. Осаждение. Виды осаждения. Их особенности. Расчет скорости осаждения. Алгоритм расчета скорости осаждения. Классификация конструкций отстойников. Принцип работы отстойника.
3. Мокрая очистка газов. Способы контакта газа с жидкостью. Виды скрубберов. Принципы их работы. Цель расчета аппаратов.
4. Фильтрование. Виды осадков. Типы фильтровальных перегородок. Требования, предъявляемые к ним. Способы осуществления фильтрования. Основные параметры фильтрования (скорость, время). Классификация конструкций фильтров. Принцип работы нуч-фильтра и фильтрпресса.
5. Центрифугирование. Классификация центрифуг. Принцип работы центрифуг и гидроциклонов. Индекс производительности.
6. Процессы образования неоднородных систем. Способы перемешивания. Интенсивность перемешивания. Классификация механических мешалок. Режимы перемешивания. Псевдооживление. Типы зернистых слоев. Основные характеристики псевдооживленного слоя. Классификация конструкций. Цель расчета.

## КОЛЛОКВИУМ № 4 ТЕПЛООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

1. Теплообменные процессы.
  - 1.1. Общие сведения и способы передачи теплоты.
  - 1.2. Классификация теплообменных аппаратов.
  - 1.3. Нагревание, охлаждение, конденсация, выпаривание.
2. Основные устройства, принцип их действия и особенности расчета аппаратов.
  - 2.1. Теплоносители и теплообменники
  - 2.2. Конструкции выпарных аппаратов

## КОЛЛОКВИУМ № 5 МАСООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

1. Основы массопередачи. Классификация процессов массопередачи. Способы выражения концентрации. Молекулярная диффузия. Конвективный перенос. Коэффициент массоотдачи и массопередачи. Механизм массопередачи.
2. Абсорбция. Определения. Материальный баланс. Классификация абсорберов. Тепловой баланс. Расчет абсорберов. Устройство абсорбционных аппаратов.
3. Перегонка. Классификация процессов перегонки. Простая перегонка. Ректификация. Классификация аппаратов. Устройства и принцип работы. Материальный баланс. Расчет процессов ректификации.
4. Экстракция. Определения. Классификация экстракторов. Расчет процесса экстракции. Принцип работы экстракторов.
5. Адсорбция. Определения. Материальный баланс. Расчет адсорберов и процесса адсорбции. Принцип работы адсорберов.
6. Ионный обмен. Определения. Классификация ионообменников.
7. Сушка. Формы связи влаги с материалом. Виды методов сушки. Классификация конструкций сушилок. Расчет процесса сушки. Материальный баланс. Тепловой баланс. Принцип работы.
8. Кристаллизация. Стадии. Классификация кристаллизаторов. Материальный и тепловой балансы процесса.
9. Выщелачивание. Стадии. Способы выщелачивания. Классификация аппаратов.
10. Мембранные методы разделения. Классификация мембран. Требования. Механизмы мембранного массопереноса. Расчет аппаратов. Схема мембранной ячейки.

Описание методики оценивания коллоквиумов:

### ***Критерии оценки (в баллах)***

- 10 баллов выставляется студенту, если:*
- *ответ полный и правильный на основании изученных теорий;*
  - *материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком;*
  - *ответ самостоятельный.*
- 5 баллов выставляется студенту, если:*
- *ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или ответ неполный, несвязный.*
- 0 баллов выставляется студенту, если:*

- при ответе обнаружено непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые учащийся не может исправить при наводящих вопросах преподавателя, отсутствие ответа.

## Тестирование

### Тест №1

#### Вариант 1.

- Выберите правильное выражение для определения плотности вещества:  
а)  $\rho = \frac{V}{m}$ ;                      в)  $\rho = \frac{m}{V}$ ;  
б)  $\rho = \frac{V}{p}$ ;                      г)  $\rho = \frac{m}{G}$ .
- Выберите формулу для определения эквивалентного диаметра:  
а)  $d_s = \frac{4 \cdot \Pi}{F}$ ;                      в)  $d_s = \frac{4 \cdot F}{\Pi}$ ;  
б)  $d_s = \frac{\Pi}{F}$ ;                      г)  $d_s = 2 \cdot r$ .
- Какое давление измеряется с помощью манометра?  
а) барометрическое;  
б) избыточное;  
в) абсолютное;  
г) разрежение.
- Укажите правильную запись уравнения Бернулли для идеальной жидкости  
а)  $z + \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2 \cdot g} = const$ ;                      в)  $z = \frac{p}{\gamma} + \frac{u^2}{2 \cdot g}$ ;  
б)  $z + \frac{p}{\gamma} = const$ ;                      г)  $z - \frac{p}{\gamma} - \frac{u^2}{2 \cdot g} = const$ .
- Чему равна площадь живого сечения трубы (круглого сечения)?  
а)  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ ;                      в)  $S = 2 \cdot \pi \cdot r$ ;  
б)  $S = \frac{\pi \cdot d}{2}$ ;                      г)  $S = \pi \cdot r$ .
- Произведением, каких величин выражается полезная мощность  $N_n$ , сообщаемая жидкости насосом?  
а)  $N_n = H \cdot \rho$ ;  
б)  $N_n = H \cdot \rho \cdot g \cdot V$ ;  
в)  $N_n = H \cdot V$ ;  
г)  $N_n = \rho \cdot g \cdot V$ .
- Что такое пена?  
а) система, состоящая из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа;  
б) системы, состоящие из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц;  
в) системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости;  
г) системы, состоящие из газа и распределенных в нем твердых частиц.
- Что такое процесс отстаивания?  
а) разделение неоднородных систем под действием разности давлений перед и после фильтровальной перегородки;  
б) разделение неоднородных систем под действием гравитационных сил;  
в) разделение неоднородных систем, под действием центробежных сил.
- Что такое удельный вес?



$$\begin{array}{ll} \text{а) } \rho = \rho_0 \cdot \frac{p_0 \cdot T_0}{p \cdot T}; & \text{в) } \rho = \rho_0 \cdot \frac{p_0 \cdot T}{p \cdot T_0}; \\ \text{б) } \rho = \frac{M}{22,4} \cdot \frac{p \cdot T_0}{p_0 \cdot T}; & \text{г) } \rho = \frac{M}{22,4} + \frac{p \cdot T_0}{p_0 \cdot T}. \end{array}$$

3. От чего зависит режим движения жидкости в трубопроводе?
- от скорости движения;
  - от разности давлений;
  - от шероховатости труб;
  - от плотности жидкости.
4. Укажите правильное соотношение между единицами измерения:
- 1 ккал = 4190 кДж;
  - 1 ккал = 4,19 кДж ;
  - 1 ккал = 1000 кДж ;
  - 1 ккал = 1,163 кДж.
5. Что такое производительность насоса?
- объем жидкости, всасываемой насосом в единицу времени;
  - масса жидкости, поданной насосом в напорную емкость;
  - объем жидкости, подаваемой насосом в нагнетательный трубопровод в единицу времени;
  - сумма объемов жидкости, подаваемой в напорную емкость и теряемой через сальник насоса и неплотности в соединениях трубопроводов.
6. К какому типу насосов относятся центробежные насосы?
- к объемным насосам, т.к. жидкость вытесняется из корпуса насоса в нагнетательный трубопровод лопатками рабочего колеса при его вращении;
  - к лопастным насосам, в которых давление создается центробежной силой, возникающей в жидкости при вращении рабочего колеса с лопастями;
  - к струйным насосам, т.к. давление в этих насосах создается струями жидкости, движущимися от основания лопаток рабочего колеса к их периферии;
  - к осевым насосам, поскольку жидкость в корпусе центробежного насоса движется параллельно оси рабочего колеса.
7. Что такое эмульсия?
- система, состоящая из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа;
  - системы, состоящие из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц;
  - системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости, не смешивающейся с первой;
  - системы, состоящие из газа и распределенных в нем частиц твердого вещества.
8. Что такое процесс центрифугирования и сепарирования?
- разделение неоднородных систем под действием разности давлений перед и после фильтровальной перегородки;
  - разделение неоднородных систем под действием гравитационных сил;
  - разделение неоднородных систем, под действием центробежных сил.
9. Что такое нормальные условия:
- $p = 700 \text{ мм рт.ст.}, t = 273 \text{ К};$
  - $p = 0 \text{ мм рт.ст.}, t = 0^\circ \text{C};$
  - $p = 760 \text{ мм рт.ст.}, t = 273 \text{ К};$
  - $p = 735 \text{ мм рт.ст.}, t = 0^\circ \text{C}.$
10. Укажите правильное соотношение между единицами измерения давления:

- а)  $1 \text{ ф. ат} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м в.ст.};$
- б)  $1 \text{ ф. ат} = 1,03 \frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2} = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10,3 \text{ м в.ст.};$
- в)  $1 \text{ ф. ат} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2} = 98100 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м в.ст.};$
- г)  $1 \text{ ф. ат} = 1,03 \frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2} = 101325 \text{ Па} = 735 \text{ мм рт.ст.} = 10,3 \text{ м в.ст.}.$

11. От чего зависит температура кипения?

- а) от давления и концентрации;  
 б) от вязкости;  
 в) от плотности;  
 г) от удельного веса.

12. Чему равна кинетическая энергия?

- а)  $E_k = \frac{u^2}{2g};$                       в)  $E_k = \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{u^2}{2g};$   
 б)  $E_k = \frac{p}{\rho \cdot g};$                       г)  $E_k = \frac{2 \cdot u^2}{g}.$

13. Какие потери учитывает КПД и из каких частных он состоит?

- а) утечки жидкости и механические потери на трение;  
 б) КПД насоса учитывает, потери на трение и на местные сопротивления;  
 в) КПД насоса учитывает утечки жидкости, потери напора и потери на механическое трение в насосе, он является произведением трех составляющих;  
 г) КПД насоса представляет собой сумму объемного, гидравлического и механического КПД.

14. Что такое пыль и дым?

- а) система, состоящая из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа;  
 б) системы, состоящие из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц;  
 в) системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости, не смешивающейся с первой;  
 г) системы, состоящие из газа и распределенных в нем частиц твердого вещества.

15. Что такое процесс сушки?

- а) удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;  
 б) процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной летучести их;  
 в) процесс выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или сплава.

## Тест №2 Вариант № 1

**1. Движущей силой процесса теплопередачи является:**

- А) разность температур;  
 В) разность давлений;  
 С) разность скоростей движения теплоносителей;  
 Д) разность значений коэффициентов теплоотдачи;  
 Е) разность значений коэффициентов теплопроводности.

**2. Теплопроводность характерна для:**

- А) газообразных потоков;  
 В) воздушных потоков;  
 С) жидких сред;  
 Д) твёрдых тел;

Е) пластичных масс.

**3. Коэффициент теплопроводности есть величина обратная:**

- А) температуре;
- В) толщине стенки;
- С) давлению;
- Д) расходу пара;
- Е) уровню.

**4. Укажите уравнение теплоотдачи:**

- А)  $Q = \alpha \cdot F \cdot (t_{сг} - t_{ж})$ ;
- В)  $Q = KFN$ ;
- С)  $Q = LK(T_2 - T_3)$ ;
- Д)  $Q = E \cdot R \cdot T \cdot (F - F_2)$ ;
- Е)  $Q = G \cdot C \cdot N \cdot (L_k - K_p)$ .

**5. Адсорбционная способность адсорбента с ростом температуры**

- а) растет
- б) падает
- в) не изменяется
- г) проходит через минимум
- д) проходит через максимум

**6. Насадку в абсорбционных аппаратах применяют (несколько вариантов ответа).**

- а) для увеличения теплопроводности жидкой фазы
- б) для увеличения поверхности контакта двух фаз
- в) для интенсификации процесса абсорбции
- г) для увеличения устойчивости аппарата

**7. Что такое теплопередача ?**

1. Перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.
2. Перенос тепла вследствие движения и перемешивания микроскопических объемов газа или жидкости.
3. Процесс распространения тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу через стенку.
4. Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный движением атомов или молекул излучающего тела.

**8. Что такое тепловое излучение ?**

1. Перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.
2. Перенос тепла вследствие движения и перемешивания микроскопических объемов газа и жидкости.
3. Процесс распространения тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу через стенку.
4. Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный движением атомов или молекул излучающего тела.

**9. Основное уравнение для определения коэффициента теплопередачи ?**

$$1. \frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \quad 2. \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$3. \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\lambda}{\delta} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

### 10. Функции барометрических конденсаторов?

1. Конденсации паров
2. Создания вакуума в системе
3. Улавливание вторичных паров из выпарных аппаратов

### Вариант № 2

#### 1. В тепловых процессах тепло передаётся самопроизвольно:

- A) от холодного потока к горячему потоку;
- B) от воздушной среды к дымовым газам;
- C) от горячего потока к холодному потоку;
- D) от токов высокой частоты к токам низкой частоты;
- E) от холодной воды к водяному пару.

#### 2. Количество теплоты, переданное теплопроводностью, определяется:

- A)  $Q = \lambda / \delta * F * (t_1 - t_2) \tau$ ;
- B)  $Q = RTV$ ;
- C)  $Q = FKT$ ;
- D)  $Q = FRC$ ;
- E)  $Q = WDR/4$ .

#### 3. Конвекция бывает:

- A) за счёт разности давлений;
- B) за счёт разности температур;
- C) за счёт разности уровней;
- D) вынужденной и естественной;
- E) только естественной.

#### 4. Способы распространения тепловой энергии.

- A) циркуляцией потоков;
- B) массообменном;
- C) теплопроводностью, теплопередачей, теплоотдачей;
- D) теплопередачей, вихревыми потоками;
- E) лучеиспусканием, движением среды.

#### 5. Обратный осмос – это процесс разделения растворов

а) под давлением, превышающим осмотическое, через полупроницаемые мембраны, пропускающие растворитель и задерживающие молекулы либо ионы растворенных веществ

б) основанный на различной скорости переноса компонентов смеси через полупроницаемую мембрану вследствие различных значений их коэффициентов диффузии

в) под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны разделяющей его мембраны

г) осуществляемый за счет создания градиентов концентрации компонентов

#### 6. Что такое тепловые процессы ?

1. Перенос энергии в форме тепла, происходящий между телами, имеющую различную температуру.
2. Перенос тепла от более нагретого тела к менее нагретому.
3. Перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц.
4. Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн.

#### 7. Что такое теплопроводность?

1. Перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.
2. Перенос тепла вследствие движения и перемешивания микроскопических объемов газа и жидкости.
3. Процесс распространения тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу через стенку.
4. Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный движением атомов или молекул излучающего тела.

#### 8. Что такое конвективный перенос тепла ?

1. Перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.
2. Перенос тепла вследствие движения и перемешивания микроскопических объемов газа и жидкости.
3. Процесс распространения тепла от более нагретого тела к менее нагретому телу через стенку.
4. Процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн, обусловленный движением атомов или молекул излучающего тела.

#### 9. Основное уравнение для определения средней разности температур?

$$1. \Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2}$$

$$3. \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_M}}$$

$$2. \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} + \Delta t_M}{2}$$

$$4. \Delta t_{cp} = t_1 - t_2$$

#### 10. Формула для расчета количества влаги, удаляемое при выпаривании ?

$$1. W = G_K \left( 1 - \frac{\phi_H}{\phi_K} \right)$$

$$2. W = G_H \left( 1 - \frac{\phi_H}{\phi_K} \right)$$

$$3. W = G_H \left( 1 - \frac{\phi_K}{\phi_H} \right)$$

$$4. W = G_K \left( 1 - \frac{\phi_K}{\phi_H} \right)$$

#### Тест №3

##### 1. Формула для определения полезной разности температур

$$1. \Delta t_{пол} = T_{к.п} - T_{кин}$$

$$2. \Delta t_{пол} = t_{вт.п} - t_{кин}$$

$$3. \Delta t_{пол} = T_{т.п.} - t_{вт.п.} - \Delta t_{т.д.}$$

$$4. \Delta t_{пол} = T_{т.п.} - t_{вт.п.}$$

##### 2. Движущая сила массообменных процессов?

1. Разность парциальных давлений;
2. Разность температур;
3. Разность концентраций распределяемого компонента;

4. Разность общих давлений.

### 3. Что такое абсорбционный процесс?

1. Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
2. Процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми веществами;
3. Процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

### 4. От чего зависит адсорбционная способность адсорбента?

1. От активной поверхности вещества;
2. От диаметра пор адсорбента;
3. От плотности адсорбента;
4. От температуры и давления системы.

### 5. Чем обусловлена хемосорбция?

1. Взаимным притяжением молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса;
2. Сопровождается химическим взаимодействием;
3. Проникновение молекул адсорбтива в поры адсорбента;

### 6. Уравнение для определения количества влаги при сушке ?

$$1. W = G_k = \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_k} \quad 3. W = G_n \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_k}$$

$$2. W = G_n = \frac{\omega_n - \omega_k}{100 - \omega_n} \quad 4. W = G_k \frac{100 - \omega_n}{\omega_n - \omega_k}$$

### 7. Что такое конвективная сушка?

1. Сушка путем передачи тепла инфракрасными лучами;
2. Сушка путем нагревания в поле высокой частоты;
3. Сушка в замороженном состоянии при глубоком вакууме;
4. Сушка путем непосредственного контактирования высушиваемого материала с сушильным агентом;
5. Путем передачи тепла от теплоносителя к влажному материалу через разделяющую их стенку.

### 8. Что такое процесс сушки?

1. Удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;
2. Процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной летучести их;
3. Процесс выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или сплава

### 9. По каким признакам осуществляется классификация теплообменников?

1. По конструктивным особенностям
2. По способу подвода теплоносителя
3. По способу подвода нагреваемого раствора

### 10. Формула для определения теплообменной поверхности выпарного аппарата ?

$$1. F = \frac{Q}{k\Delta t_{cp}}$$

$$2. F = \frac{Q}{k\Delta t_{пол}}$$

$$3. F = \frac{Q}{k(t_1 - t_2)}$$

Описание методики оценивания тестирования:

### Критерии оценки (в баллах)

1 балл выставляется студенту, если верно выбран вариант ответа у одного вопроса;

0 баллов выставляется студенту, если неверно выбран вариант ответа у одного вопроса.

### Индивидуальные задания

Задачами выполнения являются:

- Самостоятельное изучение соответствующей темы (раздела) учебной дисциплины;
- Выявление способности решать задачи по изучаемой дисциплине и расписывать механизм реакций.
- Контроль качества усвоения изученного материала и самостоятельной работы студента.

1. Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи этилацетата с начальной температурой  $53^{\circ}\text{C}$  при расходе  $Q = 120 \text{ м}^3/\text{ч}$  из емкости в колонну. Коэффициент сопротивления теплообменника  $\zeta_T = 17$ . Разность уровней в сосудах  $h=7 \text{ м}$ , давление в колонне  $p^{\text{изб}} = 0,20 \text{ МПа}$ , в емкости  $p_0=750 \text{ мм рт.ст.}$ . Трубопровод состоит из трех участков, длина которых  $l_B=5 \text{ м}$ ,  $l_{H1}=30 \text{ м}$ ,  $l_{H2}=39 \text{ м}$ . Коэффициент сопротивления обратного клапана с сеткой принять равным  $7,0$ . Материал трубопровода – алюминий, относительная шероховатость трубы  $\Delta=0,3 \text{ мм}$ .

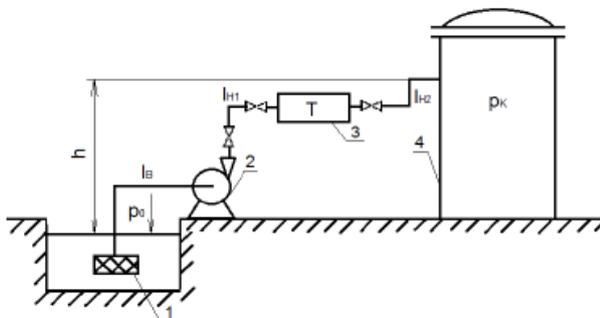


Рис.1. 1 – приемный (обратный) клапан с сеткой-фильтром, 2 – центробежный насос, 3 – теплообменник, 4 – колонна

2. Вычислить в общей форме эквивалентный диаметр при заполненном сечении для кольцевого сечения, квадрата, прямоугольника и равностороннего треугольника.

3. На трубопроводе имеется переход с диаметра  $60 \text{ мм}$  на диаметр  $110 \text{ мм}$  (диаметры внутренние). По трубопроводу движется вода, имеющая температуру  $20^{\circ}\text{C}$ . Ее скорость в узком сечении  $1,7 \text{ м/с}$ . Определить:

1. объёмный и массовый расходы воды;
2. скорость воды в широком сечении;
3. режимы течения в узком и широком сечениях.

4. Бензол с расходом 210 т/час и средней температуре 40°C поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 720 труб диаметром  $d \times \delta = 21 \times 2$  мм. Определить скорость бензола в трубах трубного пучка и режим его движения в них.

5. В трубное пространство двухходового кожухотрубчатого теплообменника с общим числом труб 720 шт. подаётся метан с расходом 26 т/час. Диаметр труб 24×2 мм. Температура метана на входе в аппарат 15°C, на выходе 200°C. Среднее давление в аппарате 7 кГс/см<sup>2</sup>. Определить скорость и режим течения метана на входе в трубы и выходе из них.

6. По трубопроводу диаметром 260×7 мм перекачивается вода с расходом 140 м<sup>3</sup>/час. Определить скорость воды в трубе и режим её движения.

7. Для охлаждения бензола в межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника с диаметром кожуха D=700 мм, диаметром труб  $d \times \delta = 21 \times 2$  мм и их числом 720 шт. подаётся вода со средней температурой 30°C. Скорость воды в межтрубном пространстве должна быть 0,6 м/с. Необходимо определить расход воды в м<sup>3</sup>/час и режим её движения.

8. Азот с расходом 6500 м<sup>3</sup>/час (при н.у.) подаётся в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника. Абсолютное давление газа 4 кГс/см<sup>2</sup>. Температура на входе в трубный пучок 120°C, на выходе 30°C. Число труб в аппарате 381 шт., их диаметр 15×1.5 мм. Определить:

1. скорость азота на входе в трубный пучок и на выходе из него;
2. режим движения азота на входе и на выходе.

9. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба 100\*4 мм, внутренняя 58\*3 мм, расход воды 3,0 м<sup>3</sup>/ч, кинематический коэффициент вязкости воды 10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с.

10. В межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника подаётся пар (насыщенный или перегретый), в трубное пространство – вода с известной начальной температурой. В зависимости от условий теплообмена вода в трубном пространстве может только нагреваться до определённой температуры, частично или полностью испаряться, может даже происходить перегрев образующегося пара.

Пользуясь исходными данными, приведёнными в табл. 1, определить:

1. Температуру нагретой воды, количество полученного пара или его конечную температуру (в случае получения перегретого пара);

2. Графически показать температурную схему процесса.

Пояснения к расчёту

Расчёт рекомендуется производить в следующем порядке:

1. Определить характер пара (насыщенный, перегретый).

2. Рассчитать количество отданного тепла.

3. Определить температуру кипения воды по абсолютному давлению в трубном пространстве.

4. Составить уравнения тепловых балансов для каждого возможного случая и определить, что происходит с водой (нагрев, её частичное или полное испарение, перегрев образующегося пара).

Таблица 1. Исходные данные к задаче

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход греющего пара $G_{г.п.}$ , т/ч	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28
Давление греющего пара (абсолютное) $P_{г.п.}$ , ат	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2
Температура пара $t_{г.п.}$ , °C	158	170	164	160	158	151	160	155	165	145
Температура конденсата $t_{к.}$ , °C	128	125	124	90	88	151	94	105	96	145
Расход воды $V_{в.}$ , м <sup>3</sup> /ч	0,08	0,16	0,12	0,96	0,72	0,18	1,40	0,36	1,13	0,24
Начальная температура воды $t_1$ , °C	8	10	12	14	16	18	20	22	24	23
Давление в трубном пространстве $P_{тр.}$ , ат	2,0	1,8	1,6	-	-	1,4	-	1,2	-	0,9
Вакуум в трубном пространстве $P_{вак.}$ , мм. рт. ст.	-	-	-	120	140	-	160	-	200	-

Расход греющего пара $G_{г.п.}$ , т/ч	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,48	0,50
Давление греющего пара (абсолютное) $P_{г.п.}$ , ат	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8
Температура пара $t_{г.п.}$ , °C	143	145	135	133	140	135	130	133	120	116
Температура конденсата $t_{к.}$ , °C	125	100	135	133	95	105	110	80	87	116
Расход воды $V_{в.}$ , м <sup>3</sup> /ч	0,42	1,48	0,28	0,48	2,24	0,72	0,90	0,54	2,72	0,42
Начальная температура воды $t_1$ , °C	21	19	17	15	13	11	9	10	15	20
Давление в трубном пространстве $P_{тр.}$ , ат	1,6	-	0,8	1,4	-	0,7	1,2	0,4	0,6	1,0
Вакуум в трубном пространстве $P_{вак.}$ , мм. рт. ст.	-	240	-	-	320	-	-	-	-	-

11. Рассчитать и подобрать по каталогу вертикальный кожухотрубчатый теплообменник (конденсатор) для конденсации насыщенных паров органического вещества при атмосферном давлении. Конденсат отводится из аппарата при температуре конденсации. Пары органической жидкости конденсируются в межтрубном пространстве, охлаждающая вода проходит по трубам снизу вверх и нагревается в пределах указанных температур.

Исходные данные приведены в табл.

Пояснения к расчёту

При ориентировочном определении площади поверхности конденсатора можно предварительно принять коэффициент теплопередачи  $K = 400-500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ . При определении ориентировочного числа труб на один ход принять критерий Рейнольдса  $Re \approx 15000 \div 10000$ . Запас поверхности теплообмена принять равным 20%.

Таблица 2. Исходные данные к задаче

Номер варианта	Конденсируемое вещество (пары)	Количество конденсируемых паров $G_p$ , кг/с	Температура охлаждающей воды	
			начальная $t_n$ , °C	конечная $t_k$ , °C
1	Ацетон	1,5	10	45
2	Бензол	2,8	12	48
3	Бутиловый спирт	4,6	8	50
4	Изопропиловый спирт	2,5	14	44
5	Метиловый спирт	1,2	15	42
6	Пропиловый спирт	5,0	16	46
7	Этиловый спирт	1,4	13	43
8	Толуол	4,5	12	40
9	Четырёххлористый углерод	6,0	15	45
10	Хлороформ	3,2	14	46
11	Этилацетат	2,5	17	50
12	Уксусная кислота	15,0	8	42
13	Ацетон	2,4	12	46
14	Бензол	9,0	14	44
15	Бутиловый спирт	15,0	10	40
16	Метиловый спирт	3,0	15	45
17	Толуол	24,0	16	46
18	Четырёххлористый углерод	9,5	11	41
19	Хлороформ	10,0	13	43
20	Этилацетат	9,0	15	50

12. В вакуум-выпарном аппарате непрерывного действия с естественной циркуляцией раствора упаривается раствор соли от начальной концентрации  $b_n$  до конечной  $b_k$ . Вторичный пар конденсируется сначала в поверхностном, а затем в барометрическом конденсаторах.

Определить:

- 1) количество выпаренной воды  $W$ , т/ч;
- 2) расход греющего пара  $D$ , т/ч;
- 3) поверхность нагрева выпарного аппарата  $F$ , м<sup>2</sup>;
- 4) экономичность выпаривания  $\mathcal{E}$ , удельный расход греющего пара  $d$  и удельный паросъём  $W_{уд}$ , кг/(м<sup>2</sup>ч);
- 5) расход воды в поверхностном и барометрическом конденсаторах,  $V_1$  и  $V_2$ , м<sup>3</sup>/ч;
- 6) площадь поверхностного конденсатора  $F_k$ , м<sup>2</sup>;
- 7) высоту  $H$  и диаметр трубы барометрического конденсатора  $d_{тр}$ , м;
- 8) количество воздуха, отсасываемого вакуум-насосом из барометрического конденсатора  $V_{возд.}$ , м<sup>3</sup>/ч.

Конденсат греющего пара в выпарном аппарате и вторичного пара в поверхностном конденсаторе отводится при температуре конденсации. Величину гидравлической депрессии, на участке сепаратор – барометрический конденсатор, принять равной 2°С.

Величину коэффициента теплопередачи в поверхностном конденсаторе принять без расчёта. Барометрическое давление – 760 мм. рт. ст. Исходные данные приведены в табл. 3.

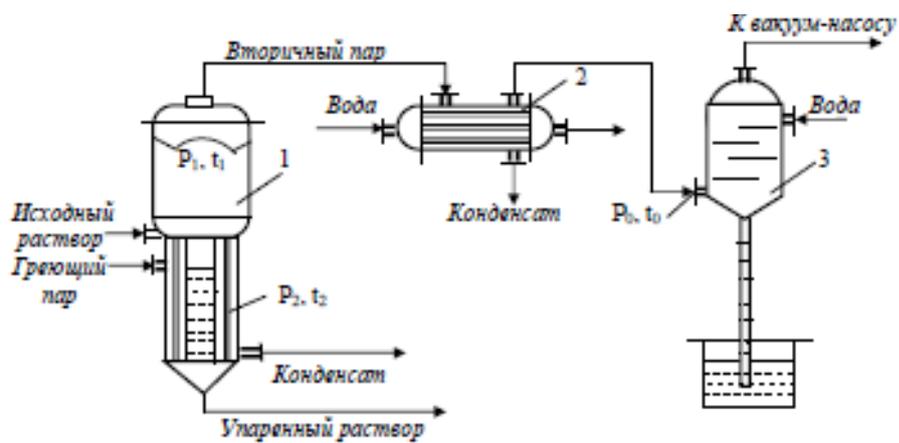


Рис. 6

1 – выпарной аппарат; 2 – поверхностный конденсатор; 3 – барометрический конденсатор

Таблица 3. Исходные данные к задаче

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Управляемый раствор	CaCl <sub>2</sub>	KOH	KCl	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	KNO <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	NaOH	NaCl	NaNO <sub>3</sub>
Начальная концентрация раствора b <sub>н</sub> , %	10	6	8	15	20	5	15	5	7	12
Конечная концентрация раствора b <sub>к</sub> , %	40	36	30	45	52	33	38	28	25	48
Производительность по исходному раствору G <sub>н</sub> , т/ч	16,0	14,8	13,6	21,0	15,0	10,8	14,4	12,0	18,6	9,8
Давление греющего пара (абсолютное) P <sub>г.п.</sub> , МПа	0,30	0,24	0,14	0,12	0,10	0,15	0,12	0,18	0,16	0,20
Влагосодержание греющего пара x, %	6	5	4	6	5	4	7	6	4	5
Начальная температура раствора t <sub>н</sub> , °C	18	20	22	24	26	28	30	25	23	21
Вакуум в барометрическом конденсаторе P <sub>в</sub> , мм. рт. ст.	200	300	400	300	300	350	350	350	250	150
Высота кипяточных труб выпарного аппарата H <sub>тп</sub> , м	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,8	6,0	6,2	6,4
Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м <sup>2</sup> К)	800	760	740	720	860	880	900	840	820	800
Температура воды поступающей в поверхностный конденсатор t <sub>в</sub> , °C	12	14	16	18	20	19	17	15	13	14
Температура воды уходящей из поверхностного конденсатора t <sub>в</sub> , °C	52	50	48	46	50	48	47	45	53	46
Количество вторичного пара конденсирующегося в поверхностном конденсаторе φ, % от W	78	80	82	84	86	88	90	87	85	83
Скорость воды в трубе барометрического конденсатора ω, м/с	1,4	1,3	1,5	1,2	1,0	1,1	1,4	1,2	1,5	1,6

13. Аммиак поглощается водой из воздуха в насадочном абсорбере, заполненном керамическими кольцами Рашига (рис.). Расход аммиачно-воздушной смеси V<sub>см.</sub>, м<sup>3</sup>/ч (при нормальных условиях). Концентрация аммиака на входе в абсорбер Y<sub>н</sub>, на выходе Y<sub>к</sub> (объемные проценты). На входе в абсорбер вода содержит X<sub>н</sub> (массные проценты) аммиака, общее давление в абсорбере 760 мм. рт. ст., температура 20°C. Эти и другие исходные данные приведены в табл.

Определить:

1. Количество поглощенного аммиака M, кг/ч.
  2. Конечную концентрацию аммиака в воде k x , кг NH<sub>3</sub>/кг воды
  3. Построить линии рабочих и равновесных концентраций
  4. Минимальный (теоретический) и фактический расход поглотителя (воды) L, м<sup>3</sup>/ч
  5. Высоту абсорбера H, м
  6. Диаметр абсорбера, D, м
- Равновесные концентрации смесей аммиак – воздух и аммиак – вода

$\bar{X}$ , кг NH <sub>3</sub> /кг воды	0	0,002	0,005	0,010	0,015
$\bar{Y}$ , кг NH <sub>3</sub> /кг воздуха	0	0,0009	0,0025	0,0057	0,0097
$\bar{X}$ , кг NH <sub>3</sub> /кг воды	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040
$\bar{Y}$ , кг NH <sub>3</sub> /кг воздуха	0,0147	0,0212	0,0284	0,0373	0,045

#### Исходные данные к задаче

Номер варианта	Расход смеси V <sub>см</sub> ·10 <sup>-4</sup> , м <sup>3</sup> /ч	Концентрация аммиака в смеси, % объём.		Концентрация аммиака в воде на входе в абсорбер X <sub>в</sub> , % массн.	Избыток поглотителя ε, %	Высота единицы переноса h <sub>ср</sub> , м
		на входе, Y <sub>в</sub>	на выходе, Y <sub>с</sub>			
1	1,05	5,0	0,27	0,00	10	0,8
2	1,10	6,5	0,24	0,10	12	1,0
3	1,15	6,0	0,32	0,12	14	1,2
4	1,20	6,2	0,46	0,13	16	1,4
5	1,25	5,6	0,30	0,14	18	1,6
6	1,30	6,4	0,35	0,15	20	1,8
7	1,35	5,8	0,20	0,16	22	2,0
8	1,40	6,3	0,36	0,17	24	0,8
9	1,45	6,0	0,40	0,18	21	1,0
10	1,50	5,8	0,42	0,19	19	1,2

14. В непрерывно действующей тарельчатой ректификационной колонне (рис.) разделяется под атмосферным давлением смесь, содержащая x<sub>F</sub> (массн. %) легколетучего компонента. Требуемое содержание легколетучего компонента в дистилляте x<sub>D</sub>, в кубовом остатке x<sub>W</sub>. Исходная смесь перед подачей в колонну подогревается до температуры кипения. Куб колонны обогревается глухим паром давлением P<sub>г.п.</sub>. Данные о равновесных составах жидкости (x) и пара (y) приведены в табл. Исходные данные приведены также в табл.

Определить:

- 1) количество дистиллята G<sub>D</sub>, кг/с и кубового остатка W, кг/с.
- 2) диаметр D, м и высоту колонны H, м.
- 3) число тарелок (теоретическое n<sub>T</sub> и действительное n).
- 4) расход пара на обогрев куба колонны G<sub>п</sub>, кг/с.
- 5) поверхность дефлегматора F, м<sup>2</sup>.

Пояснения к расчёту

Данные о равновесных составах жидкости и пара приведены в таблице.

График для определения числа теоретических тарелок рекомендуется строить на миллиметровке (размер осей не менее 10\*10 см).

Коэффициент полезного действия колонны определить по графику, без учёта поправки на длину пути жидкости на тарелке.

Для смесей, у которых кривая равновесия имеет впадину (например:

этиловый спирт – вода), минимальное флегмовое число определяется графическим способом.

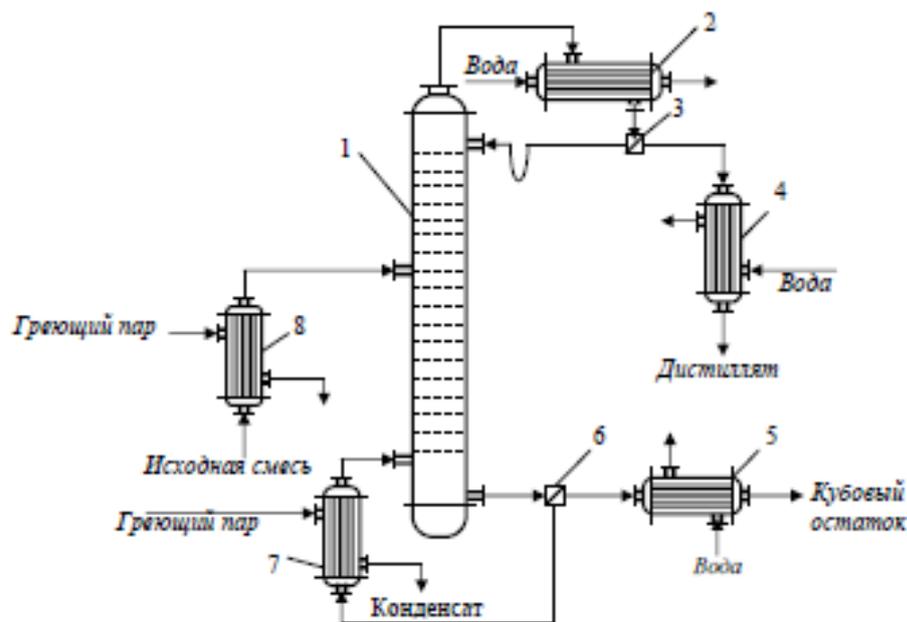


Рис. 8

Схема ректификационной установки

1 – ректификационная колонна; 2 – дефлегматор; 3 – делитель флегмы; 4 – холодильник дистиллята; 5 – холодильник кубового остатка; 6 – делитель кубового остатка; 7 – кипятильник; 8 – подогреватель исходной смеси.

### Исходные данные к задаче

Номер варианта	Разделяемая смесь	Расход смеси $G_F$ , т/ч	Концентрация, массн. %			Тип тарелок (С – шагчатые, К – колпачковые)	Расстояние между тарелками $h_{\text{тар.}}$ , мм	Давление греющего пара $P_{\text{г.п. ат.}}$
			исходная смесь $X_F$	дистиллят $X_D$	кубовый остаток $X_W$			
1	Метиловый спирт – вода	7,2	30	96	5	С	300	0,32
2	Хлороформ – бензол	4,8	40	95	4	С	200	0,28
3	Вода – уксусная кислота	5,4	60	92	30	К	300	0,40
4	Этиловый спирт – вода	6,0	24	90	6	К	300	0,25
5	Ацетон – бензол	4,6	32	94	8	С	250	0,30
6	Ацетон – этиловый спирт	9,4	28	92	7	С	400	0,25
7	Бензол – толуол	10,8	18	90	6	К	500	0,36
8	Бензол – уксусная кислота	8,6	25	84	9	К	350	0,42
9	Метиловый спирт – этиловый спирт	7,8	28	95	5	С	300	0,30
10	Сероуглерод – четырёххлористый углерод	6,4	30	92	8	С	250	0,36
11	Метиловый спирт – вода	14,4	24	94	6	К	600	0,24
12	Хлороформ – бензол	9,6	20	92	7	К	400	0,28
13	Вода – уксусная кислота	10,8	70	82	18	С	450	0,38
14	Этиловый спирт – вода	12,0	30	92	6	С	500	0,30
15	Ацетон – бензол	9,2	24	93	7	К	400	0,20
16	Ацетон – этиловый спирт	4,8	32	95	5	К	300	0,24
17	Бензол – толуол	5,4	28	96	8	С	250	0,40
18	Бензол – уксусная кислота	6,0	32	78	5	С	300	0,38
19	Метиловый спирт – этиловый спирт	9,2	30	92	7	К	350	0,30
20	Сероуглерод – четырёххлористый углерод	12,4	25	95	6	К	600	0,40

Пояснения к расчёту

Определение всех искомым величин подробно описано в задачнике, в примере расчёта тарельчатой ректификационной колонны и не требует дополнительных

пояснений. Для смесей, у которых кривая равновесия имеет впадину (например: этиловый спирт – вода), минимальное флегмовое число определяется графическим способом (см. пример 7.16 в задачнике).

Данные о равновесных составах жидкости и пара приведены в таблице. График для определения числа теоретических тарелок рекомендуется строить на миллиметровке (размер осей не менее 10\*10 см).

Коэффициент полезного действия колонны определить по графику, без учёта поправки на длину пути жидкости на тарелке.

Описание методики оценивания индивидуальных заданий:

Студенту выдается 5 индивидуальных заданий, за каждое задание студент может заработать максимально 3 балла.

#### **Критерии оценки (в баллах)**

- 14-15 баллов выставляется студенту, если он выполнил все задания верно. Возможно наличие одной неточности или опiski, не являющихся следствием незнания или непонимания учебного материала. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике;
- 10-13 баллов выставляется студенту, если работа выполнена полностью, но обоснований шагов решения недостаточно. Допущена одна ошибка или два-три недочета;
- 6-9 баллов выставляется студенту, если допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов;
- 1-5 баллов выставляется студенту, если работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки. Работа выполнена не самостоятельно.
- 0 баллов выставляется студенту, если работа не сдана.

### **Контрольные работы** **Контрольная работа №1** **Вариант №1**

1. Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи глицерина (100%-ный) с начальной температурой 3°C при расходе  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$  из емкости в колонну. Коэффициент сопротивления теплообменника  $\zeta_T = 15$ . Разность уровней в сосудах  $h=9 \text{ м}$ , давление в колонне  $p^{\text{изб}} = 0,11 \text{ МПа}$ , в емкости  $p_0=740 \text{ мм рт.ст.}$  Трубопровод состоит из трех участков, длина которых  $l_B=6 \text{ м}$ ,  $l_{H1} = 18 \text{ м}$ ,  $l_{H2} = 20 \text{ м}$ . Коэффициент сопротивления обратного клапана с сеткой принять равным 7,0. Материал трубопровода – алюминий, относительная шероховатость трубы  $\Delta = 0,4 \text{ мм}$ .

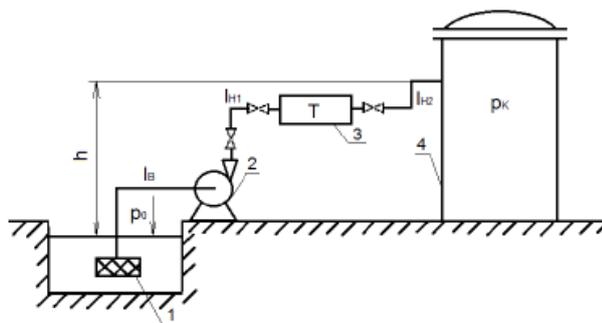


Рис.1. 1 – приемный (обратный) клапан с сеткой-фильтром, 2 – центробежный насос, 3 – теплообменник, 4 – колонна

2. На трубопроводе имеется переход с диаметра 30 мм на диаметр 100 мм (диаметры внутренние). По трубопроводу движется этилацетат, имеющая температуру 10°C. Её скорость в узком сечении 1,5 м/с. Определить:

1. объёмный и массовый расходы воды;
2. скорость воды в широком сечении;
3. режимы течения в узком и широком сечениях.

3. Этилацетат с расходом 190 т/час и средней температуре 30°C поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 710 труб диаметром  $d \times \delta = 20 \times 1,5$  мм. Определить скорость этилацетата в трубах трубного пучка и режим его движения в них.

4. (дополнительная задача) Для охлаждения этилацетата в межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника с диаметром кожуха  $D=600$  мм, диаметром труб  $d \times \delta = 19 \times 2$  мм и их числом 700 шт. подаётся вода со средней температурой 40°C. Скорость воды в межтрубном пространстве должна быть 0,5 м/с. Необходимо определить расход воды в м<sup>3</sup>/час и режим её движения.

### Вариант №2

1. Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи хлорбензола с начальной температурой 20°C при расходе  $Q = 140$  м<sup>3</sup>/ч из емкости в колонну. Коэффициент сопротивления теплообменника  $\zeta_T = 22$ . Разность уровней в сосудах  $h=11$  м, давление в колонне  $p^{изб} = 0,06$  МПа, в емкости  $p_0=760$  мм рт.ст. Трубопровод состоит из трех участков, длина которых  $l_B=9$  м,  $l_{H1}=47$  м,  $l_{H2} = 27$  м. Коэффициент сопротивления обратного клапана с сеткой принять равным 7,0. Материал трубопровода – алюминий, относительная шероховатость трубы  $\Delta = 0,4$  мм.

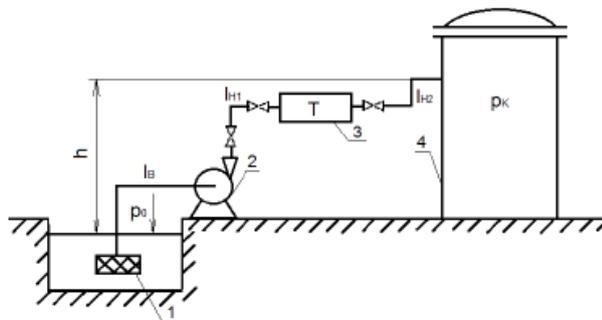


Рис.1. 1 – приемный (обратный) клапан с сеткой-фильтром, 2 – центробежный насос, 3 – теплообменник, 4 – колонна

2. На трубопроводе имеется переход с диаметра 40 мм на диаметр 110 мм (диаметры внутренние). По трубопроводу движется уксусная кислота, имеющая температуру 30°C. Её скорость в узком сечении 1,7 м/с. Определить:

1. объёмный и массовый расходы воды;
  2. скорость воды в широком сечении;
  3. режимы течения в узком и широком сечениях.
3. Уксусная кислота с расходом 160 т/час и средней температуре 20°C поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 700 труб диаметром  $d \times \delta = 18 \times 2$  мм. Определить скорость уксусной кислоты в трубах трубного пучка и режим его движения в них.
4. (дополнительная задача) Для охлаждения уксусной кислоты в межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника с диаметром кожуха  $D=700$  мм, диаметром труб  $d \times \delta = 22 \times 2$  мм и их числом 730 шт. подаётся вода со средней температурой 10°C. Скорость воды в межтрубном пространстве должна быть 0,7 м/с. Необходимо определить расход воды в м<sup>3</sup>/час и режим её движения.

### Вариант №3

1. Рассчитать трубопровод и подобрать центробежный насос для подачи уксусной кислоты (70%-ный) с начальной температурой 40°C при расходе  $Q = 70$  м<sup>3</sup>/ч из емкости в колонну. Коэффициент сопротивления теплообменника  $\zeta_T = 27$ . Разность уровней в сосудах  $h=7$  м, давление в колонне  $p^{\text{изб}} = 0,08$  МПа, в емкости  $p_0=735$  мм рт.ст. Трубопровод состоит из трех участков, длина которых  $l_B=6$  м,  $l_{H1}=39$  м,  $l_{H2}=24$  м. Коэффициент сопротивления обратного клапана с сеткой принять равным 7,0. Материал трубопровода – алюминий, относительная шероховатость трубы  $\Delta = 0,5$  мм.

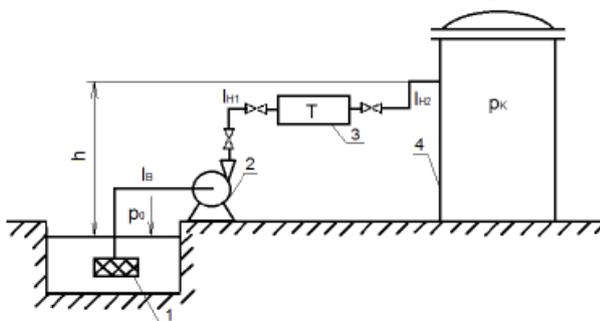


Рис.1. 1 – приемный (обратный) клапан с сеткой-фильтром, 2 – центробежный насос, 3 – теплообменник, 4 – колонна

2. На трубопроводе имеется переход с диаметра 55 мм на диаметр 130 мм (диаметры внутренние). По трубопроводу движется хлорбензол, имеющая температуру 40°C. Её скорость в узком сечении 1,6 м/с. Определить:

1. объёмный и массовый расходы воды;
  2. скорость воды в широком сечении;
  3. режимы течения в узком и широком сечениях.
3. Хлорбензол с расходом 210 т/час и средней температуре 20°C поступает в трубный пучок одноходового кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 730 труб диаметром  $d \times \delta = 19 \times 2$  мм. Определить скорость хлорбензола в трубах трубного пучка и режим его движения в них.

4. (дополнительная задача) Для охлаждения хлорбензола в межтрубное пространство кожухотрубчатого теплообменника с диаметром кожуха  $D=500$  мм, диаметром труб  $d \times \delta = 17 \times 2$  мм и их числом 660 шт. подаётся вода со средней температурой  $20^\circ\text{C}$ . Скорость воды в межтрубном пространстве должна быть  $0,6$  м/с. Необходимо определить расход воды в  $\text{м}^3/\text{час}$  и режим её движения.

## Контрольная работа №2

### Вариант №1

1. Рамный фильтр-пресс содержит 14 рам размером  $1500 \cdot 1430 \cdot 45$  мм. Сопротивление фильтрующей перегородки  $R_\phi = 3,5 \cdot 10^6 \frac{\text{Н} \cdot \text{мин}}{\text{м}^3}$ , удельное сопротивление осадка  $r = 4,2 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{мин}}{\text{м}^3}$ , предельное давление, развиваемое насосом,  $\Delta P = 545900 \text{ Н/м}^2$ ,  $x = \frac{V_{\text{ос}}}{V_\phi} = 0,4$ .

Определить объем фильтрата  $V_\phi$ , получаемого за один цикл, и время цикла  $\tau_{\text{ц}}$ .

2.  $G_c = 54000$  кг/ч,  $x_c = 12\%$  мас.,  $x_{\text{ос}} = 43\%$  мас., твердых частиц в осветленной жидкости не содержится  $x_{\text{осв}} = 0$ ,  $\rho_T = 2200 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $d = (8-17)10^{-5}$  м,  $\mu_{\text{ж}} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Определить площадь основания отстойника непрерывного действия.

### Вариант №2

1.  $G_c = 42000$  кг/ч,  $x_c = 9\%$  мас.,  $x_{\text{ос}} = 36\%$  мас., твердых частиц в осветленной жидкости не содержится  $x_{\text{осв}} = 0$ ,  $\rho_T = 2300 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $d = (10-15)10^{-5}$  м,  $\mu_{\text{ж}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Определить площадь основания отстойника непрерывного действия.

2. Рамный фильтр-пресс содержит 23 рамы размером  $1220 \cdot 1100 \cdot 50$  мм. Сопротивление фильтрующей перегородки  $R_\phi = 3 \cdot 10^6 \frac{\text{Н} \cdot \text{мин}}{\text{м}^3}$ , удельное сопротивление осадка  $r = 4 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{мин}}{\text{м}^3}$ , предельное давление, развиваемое насосом,  $\Delta P = 576000 \text{ Н/м}^2$ ,  $x = \frac{V_{\text{ос}}}{V_\phi} = 0,6$ .

Определить объем фильтрата  $V_\phi$ , получаемого за один цикл, и время цикла  $\tau_{\text{ц}}$ .

### Критерии оценки (в баллах)

20-25 баллов - если выполнены все задания верно.

8-19 баллов - если выполнены все задания, но допущены ошибки

0-7 балла – если не выполнены задания, материал не усвоен.

## 3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания

### Рейтинг-план дисциплины

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	10	2	0	10
2. Индивидуальные задания	3	5	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Модуль 2</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	10	1	0	10
2. Тестовые задания	1	15	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачет				
			<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>

### Рейтинг-план дисциплины

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	10	1	0	10
2. Тестовые задания	1	10	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Индивидуальные задания	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
<b>Модуль 2</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	10	1	0	10
2. Тестовые задания	1	10	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Контрольная работа	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
<b>Посещаемость</b>				

1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение практических занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>

Результаты обучения по дисциплине (модулю) у обучающихся оцениваются по итогам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинг-плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80-100%; «удовлетворительно» – выполнено 40-80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0-40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

$$\text{Рейтинговый балл} = k \times \text{Максимальный балл},$$

где  $k = 0,2$  при уровне освоения «неудовлетворительно»,  $k = 0,4$  при уровне освоения «удовлетворительно»,  $k = 0,8$  при уровне освоения «хорошо» и  $k = 1$  при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На экзамене выставляется оценка:

- отлично - при накоплении от 80 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо - при накоплении от 60 до 79 рейтинговых баллов,
- удовлетворительно - при накоплении от 45 до 59 рейтинговых баллов,
- неудовлетворительно - при накоплении менее 45 рейтинговых баллов.

На зачете выставляется оценка:

- зачтено - при накоплении от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено - при накоплении от 0 до 59 рейтинговых баллов.

При получении на экзамене оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», на зачёте оценки «зачтено» считается, что результаты обучения по дисциплине (модулю) достигнуты и компетенции на этапе изучения дисциплины (модуля) сформированы.