



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

02.03.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ***

Направление подготовки (специальность)  
29.03.03 Технология полиграфического и упаковочного производства

Направленность (профиль/специализация) программы  
Брендинг и химическое моделирование

Уровень высшего образования - бакалавриат


Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Химии
Курс	3
Семестр	5, 6

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 29.03.03 . Технология полиграфического и упаковочного производства (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 960)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Химии  
28.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой  Н.Л. Медяник


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
02.03.2020 г. протокол № 7

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры Химии,  А.В. Смирнова

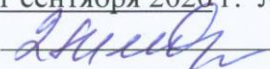
Рецензент:

Директор ООО "Уралпак",  В.Г. Чуваков

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Химии

Протокол от 01 сентября 2020 г. № 1  
Зав. кафедрой  Н.Л. Медяник

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Химии

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Л. Медяник

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Химии

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Л. Медяник

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Химии

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Л. Медяник

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Химии

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.Л. Медяник

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью преподавания дисциплины «Процессы и аппараты» является формирование у обучающихся знаний и навыков в области расчетов современных технологических процессов и аппаратов, в том числе их целесообразной промышленной эксплуатации, направленной на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Процессы и аппараты входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Химия

Физика

Физическая и коллоидная химия

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производство изделий из полимерных и композиционных материалов

Технологическое оборудование упаковочных производств

Технология производства продукции из силикатных материалов

Производство металлической тары

Утилизация композиционных упаковочных материалов

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Процессы и аппараты» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-3	Способен проводить измерения, обрабатывать экспериментальные данные, наблюдать и корректировать параметры технологических процессов
ОПК-3.1	Использует методы и средства измерений для проведения испытаний и контроля в полиграфическом и упаковочном производствах
ОПК-3.2	Обрабатывает и анализирует результаты измерений на основе соответствующих алгоритмов и выявляет основные причины брака и недостатков в технологическом процессе
ОПК-3.3	Осуществляет контроль значений управляемых параметров технологических процессов, своевременно выявлять отклонения параметров и выполняет их корректировку

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 152,85 академических часов;
- аудиторная – 147 академических часов;
- внеаудиторная – 5,85 академических часов
- самостоятельная работа – 27,45 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Форма аттестации - зачет, курсовая работа, экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Основные положения и научные основы дисциплины. Теория подобия	5	4	10/4И		10	Самостоятельное изучение конспектов лекций, учебной литературы, конспектирование, подготовка введения к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
1.2 Механические процессы		7	12/5И		5	Самостоятельное изучение конспектов лекций, учебной литературы, конспектирование, подготовка введения к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3

1.3 Гидромеханические процессы		6	12/5И		5,05	Самостоятельное изучение конспектов лекций, учебной литературы, конспектирование, подготовка введения к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого по разделу		17	34/14И		20,05			ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого за семестр		17	34/14И		20,05		зачёт	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
2. Раздел 2								
2.1 Теплообменные процессы	6	16	16/12И	10	1	Самостоятельное изучение конспектов лекций, учебной литературы, конспектирование, подготовка введения к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
2.2 Массобменные процессы		16	16/12И	10	1	Самостоятельное изучение конспектов лекций, учебной литературы, конспектирование, подготовка введения к лабораторным работам, оформление отчета по лабораторной работе	Защита лабораторной работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого по разделу		32	32/24И	20	2			ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
3. Курсовая работа и контроль								
3.1 Курсовая работа	6			12	1	Выполнение курсовой работы	Защита курсовой работы	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
3.2 Экзамен					4,4	Подготовка к экзамену	Сдача экзамена	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3

Итого по разделу			12	5,4			ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого за семестр	32	32/24И	32	7,4		экзамен,кр	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3
Итого по дисциплине	49	66/38И	32	27,45		зачет, курсовая работа, экзамен	ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3

## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Процессы и аппараты» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-беседы или диалога с аудиторией с применением элементов «мозговой атаки», лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения с целью подготовки вопросов лектору, а также лекций с использованием демонстрационного эксперимента, который позволяет наиболее полно реализовать метод проблемного обучения.

Лекционный материал закрепляется в ходе лабораторных работ, на которых выполняются индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении лабораторных занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением. Перспективным направлением в развитии практикума может стать сочетание реального эксперимента с моделированием при помощи компьютера.

Курсовая работа должна соответствовать требованиям СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления». При выполнении курсовой работы студент закрепляет и расширяет теоретические и практические знания по изучаемой дисциплине. Тематика курсового проекта направлена на совершенствование или модернизацию существующего оборудования или на разработку новых оригинальных машин и аппаратов. Студент приводит конкретные параметры наиболее прогрессивной технологии выработки продукта с обязательным обоснованием не только режимов, но и целесообразности использования разрабатываемого оборудования (машин и аппаратов). Технологические расчеты включают определения основных размеров и скорости движения рабочего органа машины, размеров и конфигурации механизмов машин.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе подготовки отчетов по лабораторным работам, выполнения курсовой работы и подготовки к итоговой аттестации.

Современные интерактивные средства позволяют экспериментировать с новыми формами контроля. Студентам предлагаются тесты и задачи в электронном виде, с автоматизированной системой проверки. В отличие от обычного тестирования такой способ контроля позволяет студентам в любое время пройти тест, проанализировать ошибки и пройти тест вторично.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**



1. Таранцева, К.Р. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды : учебное пособие / К. Р. Таранцева, К. В. Таранцев. – Москва : ИНФРА-М, 2014. - 412 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). URL : <http://new.znaniyum.com/bookread2.php?book=429195> (дата обращения 01.09.2020). – Текст : электронный.

2. Применение технокимических расчетов при изучении производственных процессов : учебное пособие / Н. Л. Калугина, Л. А. Бодьян, И. А. Варламова, Х. Я. Гиревая ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=52.pdf&show=dcatalogues/1/1123850/52.pdf&view=true> (дата обращения: 01.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Технологическое оборудование упаковочного производства : практикум / Е. В. Тарасюк, А. П. Пономарев, О. А. Мишурина, Э. Р. Муллина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3535.pdf&show=dcatalogues/1/1514975/3535.pdf&view=true> (дата обращения: 01.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Жуков, В.И. Процессы и аппараты пищевых производств [Электронный ресурс] : /Жуков В.И. - Новосиб.: НГТУ, 2013. - 188 с.: - Режим доступа: <http://znaniyum.com/bookread2.php?book=546590> (дата обращения 01.09.2020). – Текст : электронный.- Загл. с экрана. - ISBN 978-5-7782-2403-2.

3. Процессы и аппараты пищевой технологии производств: учебное пособие / С.А. Бредихин, А.С. Бредихин, В.Г. Жуков, Ю.В. Космодемьянский ; под редакцией С.А. Бредихина. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 544 с.: ил., табл. — ISBN 978-5-8114-1635-6. – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система «Лань»: [сайт]. URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/50164/#1> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Стандарты и качество. – ISSN 0038-9692. – Текст : непосредственный.

#### **в) Методические указания:**

1. Коляда, Л. Г. Процессы и аппараты : лабораторный практикум / Л. Г. Коляда, Е. В. Тарасюк ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2936.pdf&show=dcatalogues/1/1134678/2936.pdf&view=true> (дата обращения: 01.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. – Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Коляда, Л.Г. Процессы и аппараты (переиздание) : Лабораторный практикум по дисциплине «Процессы и аппараты» для обучающихся по направлению 29.03.03«Технология полиграфического и упаковочного производства» / Л.Г. Коляда, Е.В. Тарасюк ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск : МГТУ, 2018. 30 с. – Текст : непосредственный.

3. Коляда, Л.Г. Изучение процесса теплопередачи : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Процессы и аппараты» / Л.Г. Коляда ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск : МГТУ, 2015. 10 с. – Текст : непосредственный.

4. Коляда, Л.Г. Изучение процесса фильтрования : методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Процессы и аппараты» / Л.Г. ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск : МГТУ, 2015. 8 с. – Текст : непосредственный

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

URL: <http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система «Лань»

URL: <https://biblio-online.ru/> - Электронно-библиотечная система Юрайт

URL: <http://znanium.com/> - Электронно-библиотечная система Znanium

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

2. Учебные аудитории для проведения лабораторных и практических занятий, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. оснащение: оборудование для выполнения лабораторных работ, химическая посуда, реактивы. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

3. Учебные аудитории для выполнения курсовой работы, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

4. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов подразделяется на аудиторную, которая происходит как во время лабораторных и практических занятий, так и на плановых консультациях, и на внеаудиторную, происходящую во время подготовки студентами отчетов по лабораторным занятиям и выполнения курсовой работы.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает защиту лабораторных работ (в 5-6 семестре), написание и защиту курсовой работы (в 6 семестре).

**Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ:**

*Контрольные вопросы по теме*

*«Основные положения и научные основы дисциплины. Теория подобия»*

1. Перечислите физические свойства материалов.
2. Что называется плотностью?
3. Что называется удельным объемом?
4. Что называется относительной плотностью?
5. Формула для расчета плотности суспензии.
6. Формула для расчета насыпной плотности.
7. Как определяют плотность жидких продуктов?
8. Что называется кинематической вязкостью жидкостей? Каким методом ее определяют?
9. Что называется динамической вязкостью жидкостей? Как определяют динамическую вязкость?
10. Классификация основных процессов.
11. Общие принципы расчета процессов и аппаратов.
12. Методы исследования процессов и аппаратов.
13. Теория подобия. Теоремы подобия.
14. Критерии подобия.

*Контрольные вопросы по теме «Механические процессы»*

1. С какой целью применяют измельчение твердых материалов?
2. На какие виды подразделяется измельчение в зависимости от начальных и конечных размеров частиц?
3. Какими методами производится измельчение твердых материалов?
4. Что представляет открытый и замкнутый цикл измельчения?
5. Как определить степень измельчения?
6. Формула для определения среднего диаметра фракции.
7. Формула для определения среднего диаметра исходного материала.
8. Что представляет собой характеристика крупности?
9. Какие виды классификации используются в промышленности?
10. Что представляет собой ситовой анализ?
11. Из чего складывается работа, затрачиваемая на измельчение твердого материала?
12. Уравнение Ребиндера для крупного и мелкого дробления.
13. Какие типы измельчающих машин применяются в промышленности?

### *Контрольные вопросы по теме «Гидромеханические процессы»*

1. Какие силы действуют на осаждающуюся частицу в жидкости и как их рассчитать?
2. Какие параметры влияют на величину скорости гравитационного осаждения твердой частицы?
3. Каким образом можно увеличить скорость осаждения?
4. Написать и дать объяснение критерию  $A_r$ .
5. Написать и дать объяснение критерию  $Re$ .
6. Чем обусловлена сила сопротивления среды?
7. Как рассчитать коэффициент сопротивления среды для разных режимов осаждения?
8. Что такое свободное и стесненное осаждение? В каком случае скорость осаждения выше и почему?
9. Как зависит скорость осаждения от формы частиц?
10. Осаждение каких частиц, крупных или мелких, лимитирует производительность отстойников?
11. От каких факторов зависит производительность отстойника?
12. Как рассчитать скорость осаждения твердой частицы?

### *Контрольные вопросы по теме «Теплообменные процессы»*

1. Какие технологические процессы относятся к теплообменным?
2. Какой процесс называется теплопередачей?
3. Каков физический смысл коэффициента теплопередачи?
4. Основное уравнение теплопередачи.
5. Основной закон теплопроводности.
6. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
7. Какой процесс называется теплоотдачей и каким законом он описывается?
8. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?
9. Критериальные уравнения подобия конвективного теплообмена.
10. Какие процессы называются нагреванием, испарением, охлаждением, конденсацией?
11. Типы теплообменных аппаратов.
12. Устройство и принцип действия теплообменной аппаратуры.
13. В чем заключается процесс выпаривания?
14. Какими методами в промышленности осуществляется процесс выпаривания?
15. Устройство выпарных аппаратов.

### *Контрольные вопросы по теме «Массообменные процессы»*

1. Какой процесс называется сушкой?
2. Способы удаления влаги из материала.
3. Методы сушки по способу подвода теплоты к высушиваемому материалу.
4. Что называется абсолютной влажностью, относительной влажностью, влагосодержанием, энтальпией влажного воздуха?
5. Что представляет собой диаграмма Рамзина?
6. Формы связи влаги с материалом.
7. Что является движущей силой сушки?
8. Что такое кривая сушки?
9. Какие факторы определяют скорость сушки в первом и во втором периодах сушки?
10. Каков механизм удаления влаги из материала в первом и втором периодах сушки?
11. Формула для расчета продолжительности сушки.
12. Какой процесс называется перегонкой?

13. В чем заключается сущность закона Рауля?
14. Чему равно давление паров над поверхностью бинарной смеси?
15. Какой параметр является действующей силой перегонки?
16. Какие методы применяют для разделения жидких однородных систем?
17. Что такое простая перегонка? Виды перегонки.
18. В чем заключается сущность закона Дальтона?
19. Как определяется температура кипения при перегонке с водяным паром?
20. Диаграмма для определения температуры кипения.
21. Как определить расход пара?
22. В чем заключаются различия в поведении идеальных и реальных смесей?
23. Схема простой перегонки.
24. Схема простой перегонки с дефлегмацией. С какой целью применяют дефлегмацию?

### **Примерный перечень тем для курсовой работы:**

1. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $55 \text{ м}^3/\text{ч}$  уксусной кислоты при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,2 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $20 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $44 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $16 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются три отвода под углом  $110^\circ$ , десять отводов под углом  $90^\circ$ , а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлены четыре прямооточных вентиля, два отвода под углом  $90^\circ$  и один под углом  $45^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно шести). Проверить возможность установки насоса на высоте  $6 \text{ м}$  над уровнем кислоты в емкости.

2. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{ч}$  воды при температуре  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,2 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $25 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $35 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $15 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются четыре отвода под углом  $130^\circ$  и пять отводов под углом  $90^\circ$ , а также два нормальных вентиля и один прямооточный. На всасывающем участке трубопровода установлены три прямооточных вентиля, два отвода под углом  $90^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно двум). Проверить возможность установки насоса на высоте  $3 \text{ м}$  над уровнем воды в емкости.

3. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$  раствора хлорида натрия при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,1 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема раствора  $15 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $40 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $17 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются два отвода под углом  $110^\circ$  и шесть отводов под углом  $90^\circ$ , а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямооточных вентиля, четыре отвода под углом  $90^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно четырем). Проверить возможность установки насоса на высоте  $4 \text{ м}$  над уровнем раствора в емкости.

4. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $1,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$  воды при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,15 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $16 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $32 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $12 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются три отвода под углом  $150^\circ$  и шесть отводов под углом  $90^\circ$ , а также два нормальных вентиля и два прямооточных. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямооточных вентиля, четыре отвода под углом  $90^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно 15). Проверить возможность установки насоса на высоте  $4 \text{ м}$  над уровнем воды в емкости.

5. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $40 \text{ м}^3/\text{ч}$  воды при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,1 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $15 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $40 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $17 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются два отвода под углом  $110^\circ$  и шесть отводов под углом  $90^\circ$ , а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямооточных вентиля, четыре отвода под углом  $90^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно четырем). Проверить возможность установки насоса на высоте  $4 \text{ м}$  над уровнем воды в емкости.

6. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $1,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$  воды при температуре  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $0,2 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $25 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $35 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $15 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются четыре отвода под углом  $130^\circ$  и пять отводов под углом  $90^\circ$ , а также два нормальных вентиля и один прямооточный. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямооточных вентиля, два отвода под углом  $90^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно двум). Проверить возможность установки насоса на высоте  $3 \text{ м}$  над уровнем воды в емкости.

7. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  уксусной кислоты при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением  $1,2 \text{ МПа}$ . Геометрическая высота подъема воды  $20 \text{ м}$ . Длина трубопровода на линии нагнетания  $40 \text{ м}$ , на линии всасывания –  $20 \text{ м}$ . На линии нагнетания имеются три отвода под углом  $110^\circ$ , десять отводов под углом  $90^\circ$ , а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлены четыре прямооточных вентиля, два отвода под углом  $90^\circ$  и один под углом  $45^\circ$  (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно шести). Проверить возможность установки насоса на высоте  $6 \text{ м}$  над уровнем кислоты в емкости.

8. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу  $2150 \text{ кг/ч}$ ; начальная влажность материала  $28 \text{ } \%$ ; конечная влажность материала  $7,0 \text{ } \%$ ; температура влажного материала  $10^\circ\text{C}$ ; плотность материала  $980 \text{ кг/м}^3$ ; удельная теплоемкость материала  $1220 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ ; средний диаметр частиц материала  $1 - 15 \text{ мм}$ ; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан  $375 \text{ }^\circ\text{C}$ ; на выходе  $105 \text{ }^\circ\text{C}$ ; потери тепла в окружающую среду  $4 \text{ } \%$ ; параметры свежего воздуха: температура  $12 \text{ }^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $72 \text{ } \%$ , давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.):  $92,0 \text{ CH}_4$ ;  $0,5 \text{ C}_2\text{H}_6$ ;  $4,0 \text{ H}_2$ ;  $2,0 \text{ N}_2$ ;  $1,5 \text{ CO}$ .

9. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу  $5000 \text{ кг/ч}$ ; начальная влажность материала  $27,0 \text{ } \%$ ; конечная влажность материала  $5,0 \text{ } \%$ ; температура влажного материала  $10^\circ\text{C}$ ; плотность материала  $1250 \text{ кг/м}^3$ ; удельная теплоемкость материала  $1200 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$ ; средний диаметр частиц материала  $7 - 12 \text{ мм}$ ; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан  $480 \text{ }^\circ\text{C}$ ; на выходе  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ ; потери тепла в окружающую среду  $5 \text{ } \%$ ; параметры свежего воздуха: температура  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $70 \text{ } \%$ , давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.):  $93,0 \text{ CH}_4$ ;  $0,5 \text{ C}_2\text{H}_6$ ;  $4,0 \text{ H}_2$ ;  $1,0 \text{ N}_2$ ;  $1,5 \text{ CO}$ .

10. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу  $500 \text{ кг/ч}$ ; начальная влажность материала  $12,0 \text{ } \%$ ; конечная влажность материала  $0,5 \text{ } \%$ ; температура влажного материала  $10^\circ\text{C}$ ; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ; на выходе  $80 \text{ }^\circ\text{C}$ ; потери тепла в окружающую среду  $5 \text{ } \%$ ; параметры свежего воздуха: температура  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $72 \text{ } \%$ , давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.):  $92,0$

CH<sub>4</sub>; 0,5 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 5,0 H<sub>2</sub>; 1,0 N<sub>2</sub>; 1,5 CO. G. Плотность материала 1250 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1200 Дж/кг·К; средний диаметр частиц материала 7 – 12 мм.

11. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу 500 кг/ч; начальная влажность материала 20,0 %; конечная влажность материала 1,0 %; температура влажного материала 12 °С; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан 240 °С; на выходе 110 °С; потери тепла в окружающую среду 5 %; параметры свежего воздуха: температура 10 °С, относительная влажность 72 %, давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.): 92,0 CH<sub>4</sub>; 0,5 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 5,0 H<sub>2</sub>; 1,0 N<sub>2</sub>; 1,5 CO. Плотность материала 1250 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1200 Дж/кг·К; средний диаметр частиц материала 5 – 10 мм

12. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое количество фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка  $6,8 \cdot 10^4$  Па; температура фильтрования 20 °С; высота слоя осадка на фильтре 11 мм; влажность осадка 39% (масс); удельное массовое сопротивление осадка  $2,72 \cdot 10^{10}$  м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки  $40,0 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2460 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 16 % (масс); плотность суспензии 1120 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 50 °С)  $1,0 \cdot 10^{-10}$  м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 20 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 °С и температуре промывки в Па·с.

13. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по осадку 96 т/сут. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое количество фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка  $6,5 \cdot 10^4$  Па; температура фильтрования 20 °С; высота слоя осадка на фильтре 8 мм; влажность осадка 63% (масс); удельное массовое сопротивление осадка  $9,5 \cdot 10^{10}$  м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки  $41,0 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2430 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 12,0 % (масс); плотность суспензии 1060 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 54 °С)  $1,2 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 25 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 °С и температуре промывки в Па·с.

14. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое число фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка  $4,8 \cdot 10^4$  Па; температура фильтрования 20 °С; высота слоя осадка на фильтре 6 мм; влажность осадка 54% (масс); удельное массовое сопротивление осадка  $17,7 \cdot 10^{10}$  м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки  $105,0 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2980 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 12,0 % (масс); плотность суспензии 1070 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 52 °С)  $1,1 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 12 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 °С и температуре промывки в Па·с.

15. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить



необходимое число фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка  $4,8 \cdot 10^4$  Па; температура фильтрования  $20$  °С; высота слоя осадка на фильтре  $9$  мм; влажность осадка  $65\%$  (масс); удельное массовое сопротивление осадка  $17,0 \cdot 10^{10}$  м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки  $105,0 \cdot 10^9$  м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы  $2980$  кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии  $14,0$  % (масс); плотность суспензии  $1070$  кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре  $50$  °С)  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее  $20$  с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при  $20$  °С и температуре промывки в Па·с.

Курсовая работа должна соответствовать требованиям СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Расчетно-пояснительная записка включает: теорию, материальный и тепловой баланс процесса, подробные расчеты основного агрегата (тепловые, массообменные и т.д.).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по каждой дисциплине (модулю) за определенный период обучения.

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		ОПК-3: Способен проводить измерения, обрабатывать экспериментальные данные, наблюдать и корректировать параметры технологических процессов
ОПК-3.1	Использует методы и средства измерений для проведения испытаний и контроля в полиграфическом и упаковочном производствах	<p><b>Перечень примерных теоретических вопросов к зачету/экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процессы типовые и специфические. Классификация изучаемых процессов и аппаратов.</li> <li>2. Устройство и принцип действия прессов и экструдеров.</li> <li>3. Устройство и принцип действия основных типов аппаратов для сортирования.</li> <li>4. Устройство и принцип действия аппаратов для измельчения раскалыванием, истиранием, ударом, резанием.</li> <li>5. Процессы обработки материалов давлением. Процессы формования, экструзии, брикетирования. Устройство и принцип действия прессов и экструдеров.</li> <li>6. Процессы сортирования. Классификационные признаки сортирования тел и зернистых масс. Характеристика способов сортирования. Устройство и принцип действия основных типов аппаратов для сортирования.</li> <li>7. Насосы. Классификация насосов. Основные параметры насосов.</li> <li>8. Относительная скорость движения твердых, жидких или газообразных частиц в вязких средах под действием массовых сил.</li> <li>9. Теплообменники. Типы теплообменников.</li> <li>10. Выпарные аппараты.</li> <li>11. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Рамзина. Способы удаления влаги из материала.</li> <li>12. Основные типы сушилок. Сублимация.</li> <li>13. Статика и кинетика процессов. Движущая сила и скорость процессов. Балансы массы и энергии.</li> <li>14. Аналитический, экспериментальный и синтетический методы изучения процессов.</li> <li>15. Теория подобия и теория размерностей, их применение для выражения кинетических закономерностей. Основные положения масштабного перехода и моделирования процессов.</li> <li>16. Методы и задачи инженерного расчета процессов и аппаратов. Управление технико-экономическими показателями и оптимизация процессов. Критерии оптимизации. Общие принципы устройства аппаратов.</li> <li>17. Общие положения теории и расчета теплообменных процессов и аппаратов. Классификация теплообменных процессов и аппаратов. Типы применяемых тепло- и хладоносителей.</li> <li>18. Процессы нагревания и охлаждения. Основные положения расчета теплообменников.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>19. Процессы выпаривания. Основные положения расчета выпарных аппаратов и многокорпусных выпарных установок.</p> <p>20. Процессы экстракции и распределение компонентов в твердых материалах. Физико-химические основы, статика, кинетика, материальный баланс.</p> <p>21. Процессы адсорбции. Физико-химические основы процесса. Типы адсорбентов. Устройство адсорберов. Сорбционные процессы. Процессы абсорбции: физические основы, материальный баланс.</p> <p>22. Процессы перемешивания жидких, пластических, зернистых масс и порошкообразных материалов. Способы перемешивания. Затраты энергии. Устройство мешалок и смесителей.</p> <p>23. Конвективная сушка. Расчет процессов конвективной сушки.</p> <p>24. Процессы фильтрования. Классификация способов и режимов фильтрования, устройство фильтров и фильтрующих центрифуг. Основы теории фильтрования.</p> <p>25. Основы массопередачи. Материальные балансы массообменных процессов. Основное уравнение массопередачи.</p> <p>26. Критериальные уравнения подобия массообменных процессов. Связь между коэффициентом массопередачи и коэффициентом массоотдачи. Основные положения расчета массообменных процессов и аппаратов.</p> <p>27. Формы связи влаги с материалом. Статика и кинетика сушки.</p> <p>28. Процессы фильтрования. Классификация способов и режимов фильтрования, устройство фильтров и фильтрующих центрифуг. Основы теории фильтрования.</p> <p>29. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Конвективный перенос. Закон массоотдачи.</p> <p>30. Процессы кристаллизации. Методы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы кристаллизации. Устройство кристаллизаторов.</p> <p>31. Процессы осаждения. Образование и разделение фаз дисперсных систем.</p> <p>32. Процессы сортирования. Классификационные признаки сортирования тел и зернистых масс. Характеристика способов сортирования. Устройство основных типов аппаратов для сортирования.</p> <p>33. Устройство и принцип действия аппаратов для измельчения раскалыванием, истиранием, ударом, резанием.</p> <p>34. Процессы обработки материалов давлением. Процессы формования, экструзии, брикетирования. Устройство и принцип действия прессов и экструдеров.</p> <p>35. Гидростатика. Основное уравнение гидростатики. Практическое использование основного уравнения гидростатики.</p> <p>36. Гидродинамика. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Режимы движения жидкости. Потери напора на местных сопротивлениях. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости.</p>
ОПК-3.2	Обработывает и анализирует результаты измерений на основе соответствующих	<p><b>Примерные практические задания к зачету/экзамену:</b></p> <p>1. Определить режим движения жидкости в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», если внутренняя труба имеет диаметр 25 x 2,5 мм, наружная 51 x</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	алгоритмов и выявляет основные причины брака и недостатков в технологическом процессе	<p>2,5 мм. Массовый расход жидкости 3730 кг/ч, плотность жидкости 1150 кг/м<sup>3</sup>, динамический коэффициент вязкости 1,2·10<sup>-3</sup> Па·с.</p> <p>2. Определить необходимую мощность насоса для перекачивания 20 т воды за 1 час из бака с атмосферным давлением в реакторе. Диаметр трубопровода 89×4 мм, длина – 30 м. На трубопроводе установлено 4 отвода под углом 90°. Диаметр отверстия диафрагмы 51,3 мм. Высота подъема жидкости – 15 м.</p> <p>3. Рассчитать отстойник для сгущения водной суспензии по следующим данным: массовый расход жидкости – 9600 кг/час, диаметр трубопровода – 25 мм, плотность жидкости 2600 кг/м<sup>3</sup>, температура – 5 °С.</p>
ОПК-3.3	Осуществляет контроль значений управляемых параметров технологических процессов, своевременно выявлять отклонения параметров и выполняет их корректировку	<p><b>Примерный перечень тем курсовых работ:</b></p> <p>1. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 55 м<sup>3</sup>/ч уксусной кислоты при температуре 20 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,2МПа. Геометрическая высота подъема воды 20 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 44 м, на линии всасывания – 16 м. На линии нагнетания имеются три отвода под углом 110°, десять отводов под углом 90°, а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлены четыре прямооточных вентиля, два отвода под углом 90° и один под углом 45° (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно шести). Проверить возможность установки насоса на высоте 6 м над уровнем кислоты в емкости.</p> <p>2. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 1,3·10<sup>-2</sup> м<sup>3</sup>/ч воды при температуре 40 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,2МПа. Геометрическая высота подъема воды 25 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 35 м, на линии всасывания – 15 м. На линии нагнетания имеются четыре отвода под углом 130° и пять отводов под углом 90°, а также два нормальных вентиля и один прямооточный. На всасывающем участке трубопровода установлены три прямооточных вентиля, два отвода под углом 90° (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно двум). Проверить возможность установки насоса на высоте 3 м над уровнем воды в емкости.</p> <p>3. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 40 м<sup>3</sup>/ч раствора хлорида натрия при температуре 20 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,1 МПа. Геометрическая высота подъема раствора 15 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 40 м, на линии всасывания – 17 м. На линии нагнетания имеются два отвода под углом 110° и шесть отводов под углом 90°, а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямооточных вентиля, четыре отвода под углом 90° (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно четырем). Проверить возможность установки насоса на высоте 4 м над уровнем раствора в емкости.</p> <p>4. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 1,1·10<sup>-2</sup> м<sup>3</sup>/с воды при температуре 20 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,15 МПа. Геометрическая высота подъема воды 16 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 32 м, на линии всасывания – 12 м. На линии нагнетания имеются три отвода под углом 150° и шесть отводов под углом 90°, а также два нормальных вентиля и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>два прямоточных. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямоточных вентиля, четыре отвода под углом 90о (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно 15). Проверить возможность установки насоса на высоте 4 м над уровнем воды в емкости.</p> <p>5. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 40 м<sup>3</sup>/ч воды при температуре 20 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,1 МПа. Геометрическая высота подъема воды 15 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 40 м, на линии всасывания – 17 м. На линии нагнетания имеются два отвода под углом 110о и шесть отводов под углом 90о, а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямоточных вентиля, четыре отвода под углом 90о (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно четырем). Проверить возможность установки насоса на высоте 4 м над уровнем воды в емкости.</p> <p>6. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 1,3·10<sup>-2</sup> м<sup>3</sup>/с воды при температуре 40 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 0,2 МПа. Геометрическая высота подъема воды 25 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 35 м, на линии всасывания – 15 м. На линии нагнетания имеются четыре отвода под углом 130о и пять отводов под углом 90о, а также два нормальных вентиля и один прямоточный. На всасывающем участке трубопровода установлено три прямоточных вентиля, два отвода под углом 90о (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно двум). Проверить возможность установки насоса на высоте 3 м над уровнем воды в емкости.</p> <p>7. Расчет центробежного насоса. Задание: подобрать насос (по напору и мощности) для перекачивания 30 м<sup>3</sup>/ч уксусной кислоты при температуре 20 оС из открытой емкости в аппарат, работающий под избыточным давлением 1,2МПа. Геометрическая высота подъема воды 20 м. Длина трубопровода на линии нагнетания 40 м, на линии всасывания – 20 м. На линии нагнетания имеются три отвода под углом 110о, десять отводов под углом 90о, а также три нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлены четыре прямоточных вентиля, два отвода под углом 90о и один под углом 45о (в обоих случаях отношение радиуса поворота к диаметру трубы равно шести). Проверить возможность установки насоса на высоте 6 м над уровнем кислоты в емкости.</p> <p>8. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу 2150 кг/ч; начальная влажность материала 28 %; конечная влажность материала 7,0 %; температура влажного материала 10оС; плотность материала 980 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1220Дж/кг·К; средний диаметр частиц материала 1 – 15 мм; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан 375 оС; на выходе 105 оС; потери тепла в окружающую среду 4 %; параметры свежего воздуха: температура 12 оС, относительная влажность 72 %, давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.): 92,0 СН<sub>4</sub>; 0,5 С<sub>2</sub>Н<sub>6</sub>; 4,0 Н<sub>2</sub>; 2,0 N<sub>2</sub>; 1,5 СО.</p> <p>9. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу 5000 кг/ч; начальная влажность материала 27,0 %; конечная влажность материала 5,0 %; температура влажного материала 10оС; плотность материала 1250 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1200Дж/кг·К; средний диаметр</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>частиц материала 7 – 12 мм; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан 480 оС; на выходе 110 оС; потери тепла в окружающую среду 5 %; параметры свежего воздуха: температура 10 оС, относительная влажность 70 %, давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.): 93,0 CH<sub>4</sub>; 0,5 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 4,0 H<sub>2</sub>; 1,0 N<sub>2</sub>; 1,5 CO.</p> <p>10. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу 500 кг/ч; начальная влажность материала 12,0 %; конечная влажность материала 0,5 %; температура влажного материала 10оС; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан 200 оС; на выходе 80 оС; потери тепла в окружающую среду 5 %; параметры свежего воздуха: температура 10 оС, относительная влажность 72 %, давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.): 92,0 CH<sub>4</sub>; 0,5 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 5,0 H<sub>2</sub>; 1,0 N<sub>2</sub>; 1,5 CO. G. Плотность материала 1250 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1200Дж/кг·К; средний диаметр частиц материала 7 – 12 мм.</p> <p>11. Расчет барабанной сушилки. Задание: рассчитать барабанную сушилку непрерывного действия. Данные для расчета: производительность сушилки по высушенному материалу 500 кг/ч; начальная влажность материала 20,0 %; конечная влажность материала 1,0 %; температура влажного материала 12оС; топливо – природный газ; температура газов на входе в барабан 240 оС; на выходе 110 оС; потери тепла в окружающую среду 5 %; параметры свежего воздуха: температура 10 оС, относительная влажность 72 %, давление в сушилке – атмосферное. Состав природного газа (об.): 92,0 CH<sub>4</sub>; 0,5 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>; 5,0 H<sub>2</sub>; 1,0 N<sub>2</sub>; 1,5 CO. Плотность материала 1250 кг/м<sup>3</sup>; удельная теплоемкость материала 1200Дж/кг·К; средний диаметр частиц материала 5 – 10 мм</p> <p>12. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое количество фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка 6,8·10<sup>4</sup> Па; температура фильтрования 20 оС; высота слоя осадка на фильтре 11 мм; влажность осадка 39% (масс); удельное массовое сопротивление осадка 2,72·10<sup>10</sup> м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки 40,0·10<sup>9</sup> м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2460 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 16 % (масс); плотность суспензии 1120 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 50 оС) 1,0·10-10 м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 20 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 оС и температуре промывки в Па·с.</p> <p>13. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по осадку 96 т/сут. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое количество фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка 6,5·10<sup>4</sup> Па; температура фильтрования 20 оС; высота слоя осадка на фильтре 8 мм; влажность осадка 63% (масс); удельное массовое сопротивление осадка 9,5·10<sup>10</sup> м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки 41,0·10<sup>9</sup> м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2430 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 12,0 % (масс); плотность суспензии 1060 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 54 оС) 1,2·10-3 м<sup>3</sup>/кг; продолжительность</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>окончательной сушки осадка не менее 25 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 оС и температуре промывки в Па·с.</p> <p>14. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое число фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка 4,8·10<sup>4</sup> Па; температура фильтрования 20 оС; высота слоя осадка на фильтре 6 мм; влажность осадка 54% (масс); удельное массовое сопротивление осадка 17,7·10<sup>10</sup> м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки 105,0·10<sup>9</sup> м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2980 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 12,0 % (масс); плотность суспензии 1070 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 52 оС) 1,1·10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 12 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 оС и температуре промывки в Па·с.</p> <p>15. Расчет барабанного вакуум-фильтра. Задание: рассчитать требуемую поверхность барабанного вакуум-фильтра с наружной фильтрующей поверхностью на производительность по фильтрату 5 м<sup>3</sup>/ч. Подобрать стандартный фильтр и определить необходимое число фильтров. Данные для расчета: перепад давления при фильтровании и промывке осадка 4,8·10<sup>4</sup> Па; температура фильтрования 20 оС; высота слоя осадка на фильтре 9 мм; влажность осадка 65% (масс); удельное массовое сопротивление осадка 17,0·10<sup>10</sup> м/кг; сопротивление фильтровальной перегородки 105,0·10<sup>9</sup> м<sup>-1</sup>; плотность твердой фазы 2980 кг/м<sup>3</sup>; жидкая фаза суспензии и промывная жидкость – вода; массовая концентрация твердой фазы в суспензии 14,0 % (масс); плотность суспензии 1070 кг/м<sup>3</sup>; удельный расход воды при промывке (которая проводится при температуре 50 оС) 1,0·10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>/кг; продолжительность окончательной сушки осадка не менее 20 с. По справочным данным определить недостающие для расчета величины: вязкость воды при 20 оС и температуре промывки в Па·с.</p>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Процессы и аппараты» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета в пятом семестре и в форме экзамена и курсовой работы в шестом семестре.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по перечню вопросов к зачету.

### **Показатели и критерии оценивания зачета:**

**«зачтено»** - обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

**«не зачтено»** - обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Экзамен проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Курсовая работа выполняется под руководством преподавателя, в процессе ее написания обучающийся развивает навыки к научной работе, закрепляя и одновременно расширяя знания, полученные при изучении курса «Процессы и аппараты». При выполнении курсовой работы обучающийся должен показать свое умение работать с нормативным материалом и другими литературными источниками, а также возможность систематизировать и анализировать фактический материал и самостоятельно творчески его осмысливать.

В процессе написания курсовой работы обучающийся должен разобраться в теоретических вопросах избранной темы, самостоятельно проанализировать практический материал, разобрать и обосновать практические предложения.



Курсовая работа должна соответствовать требованиям СМК-О-СМГТУ-42-09 «Курсовой проект (работа): структура, содержание, общие правила выполнения и оформления».

Расчетно-пояснительная записка включает: теорию, материальный и тепловой баланс процесса, подробные расчеты основного агрегата (тепловые, массообменные и т.д.).

#### **Показатели и критерии оценивания курсовой работы:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – работа выполнена в соответствии с заданием, обучающийся показывает знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – задание преподавателя выполнено частично, в процессе защиты работы обучающийся допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – задание преподавателя выполнено частично, обучающийся не может воспроизвести и объяснить содержание, не может показать интеллектуальные навыки решения поставленной задачи.