

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический универси-  
тет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 03 » 05 2023 г.

### ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

По дисциплине	Б1.В.04 Основные процессы и аппараты химических технологий
Направление подготовки	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Профиль/программа	Машины и аппараты химических производств
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная / очно-заочная

Нижекамск, 2023 г.

Составитель ФОС:  
доцент кафедры ПАХТ



Д.Н.Латыпов

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ПАХТ,  
протокол от 29.03 2023 г. № 7

Зав. кафедрой



Д.Н.Латыпов

### **СОГЛАСОВАНО**

Протокол заседания кафедры МАХП, реализующей подготовку основной образовательной программы от 19.04 2023 г. № 8

Зав. кафедрой



И.Н.Мадышев

Эксперт:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



## Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины

ПК-4 - Способен разрабатывать и планировать внедрение новой техники и передовой технологии

ПК-4.1. Знает методы определения эффективности внедрения новой техники и технологии, рационализаторских предложений и изобретений

ПК-4.2. Умеет разрабатывать методические и нормативные материалы, техническую документацию на новую технику и передовую технологию

ПК-4.3. Владеет навыками разработки и реализации планов внедрения новой техники и технологии, проведения организационно-технических мероприятий, опытно-конструкторских работ

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины (указать все темы из РПД)				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Не предусмотрены	Отчет по лабораторным работам, расчетная работа, экзаменационные билеты
ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Не предусмотрены	Отчет по лабораторным работам, расчетная работа, экзаменационные билеты
ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Тема 1, Тема2, Тема 3, Тема 4	Не предусмотрены	Отчет по лабораторным работам, расчетная работа, экзаменационные билеты

## Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов (базовый уровень)	Max, баллов (повышенный уровень)
Лабораторная работа	6	30	48
Контрольная работа	1	6	12
Экзамен	1	24	40
Итого:		60	100

## Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля «экзамен»
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпыва-

			юще, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

### Краткая характеристика оценочных средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Лабораторная работа	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
2	Расчетно-графическая работа	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»

Факультет механический

Кафедра процессов и аппаратов химических технологий

Учебным планом по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.04 Основные процессы и аппараты и аппараты химических технологий.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

**Лабораторная работа №1. Определение гидростатического давления**

Приводятся теоретические вопросы для подготовки к лабораторной работе

1. Понятие давления жидкости, единицы измерения давления.
2. Геометрический, пьезометрический, полный гидростатический напор.
3. Основное уравнение гидростатики закон Паскаля.

**Лабораторная работа №2. Определение режима течения воды в цилиндрической трубе**

Приводятся теоретические вопросы для подготовки к лабораторной работе

1. Режимы течения жидкости, опыт Рейнольдса.

**Лабораторная работа №3. Опытная демонстрация уравнения Бернулли**

Приводятся теоретические вопросы для подготовки к лабораторной работе

1. Скоростной напор, полный гидродинамический напор.
2. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.

**Лабораторная работа №4. Исследование процесса теплопередачи**

Приводятся теоретические вопросы для подготовки к лабораторной работе

1. Теплопередача через плоскую стенку.

2. Коэффициент теплопередачи при теплообмене жидкость-жидкость через стенку.

### **Лабораторная работа №5. Ректификация**

Приводятся теоретические вопросы для подготовки к лабораторной работе

1. Периодическая ректификация бинарных смесей.
2. Определение числа теоретических ступеней контакта насадочной ректификационной колонны периодического действия.

Материалы лабораторных работ приведены в методическом указании, разработанном на кафедре ПАХТ:

1. Лабораторный практикум по механике жидкости и газа: учебное пособие / Д.Н. Латыпов, М.Г. Гарипов. – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2019. - 104 с.

2. Лабораторный практикум по массообменным процессам: учебное пособие /М.Г. Гарипов, Д.Н. Латыпов-Санкт - Петербург: Свое издательство, 2021. – 92 с.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине Б1.В.04 Основные процессы и аппараты и аппараты химических технологий студент должен выполнить следующие виды работ:

<b>Виды работ</b>	<b>Минимальный балл</b>	<b>Максимальный балл</b>
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	1	1
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	1	1
Выполнение необходимого эксперимента	1	2
Обработка результатов исследования, построение графиков	1	2
Анализ результатов исследования и вывод по работе	1	2
<b>ИТОГО :</b>	<b>5</b>	<b>8</b>

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 5 баллов, максимум в 8 баллов.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
 высшего образования  
 «Казанский национальный исследовательский технологический  
 университет»

Факультет механический

Кафедра процессов и аппаратов химических технологий

Учебным планом по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для обучающихся предусмотрено выполнение расчетно-графической работы по дисциплине Б1.В.04 Основные процессы и аппараты и аппараты химических технологий. Расчетно-графическая работа выполняется самостоятельно по индивидуальным заданиям.

### ЗАДАНИЕ

#### на расчетно-графическую работу по дисциплине Б1.В.04 Основные процессы и аппараты и аппараты химических технологий

*Выбор варианта производится в соответствии с последними двумя цифрами шифра студента.*

*Пример: номер зачетной книжки (шифр) – 2703, вариант – 13.*

Выполнить расчет ректификационной установки непрерывного действия для разделения бинарной смеси. Тип колонны указан в задании. Колонна работает под атмосферным давлением. Исходная смесь, содержащая  $x_F$  низкокипящего компонента, имеет температуру  $t_H$  и перед подачей в колонну подогревается в кожухотрубчатом теплообменнике до температуры кипения. Расход исходной смеси  $G_F$ . Содержание низкокипящего компонента в дистилляте  $x_D$ , в кубовом остатке  $x_W$ . В дефлегматоре пары дистиллята конденсируются полностью. Продукты разделения охлаждаются в холодильнике до  $t_K$ . Начальную температуру охлаждения воды принять  $t_B$ .

*Выполнить подробный расчет ректификационной колонны, тепловой расчет ректификационной установки, подобрать ректификационную колонну по каталогам заводов - изготовителей.*

*Работу оформить в виде расчетно - пояснительной записки в соответствии с ЕСКД.*

Исходные данные приведены в таблице.

Параметры	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Исходная смесь	а	б	в	г	а	б	ж	з	и	к	а	б	в	г	б
$G_F$ , кг/с	2,0	1,5	2,5	3,0	2,0	1,5	2,0	2,5	1,5	3,0	3,0	2,5	3,5	4,0	3,0
$x_F$ , % (мол.)	40	30	35	40	35	40	45	40	50	30	40	45	40	50	30
$x_D$ , % (мол.)	95	98	96	97	90	98	95	97	98	95	98	95	97	98	95
$x_W$ , % (мол.)	5	3	1,5	4	6	3	2,5	2	1,5	2	3	2,5	2	1,5	2
$t_H$ , °C	20	25	20	24	20	30	25	20	30	25	20	25	20	24	20
$t_K$ , °C	30	20	35	25	20	25	20	25	18	20	30	20	35	25	20
$t_B$ , °C	10	15	20	12	15	20	15	10	12	15	10	15	20	12	15
Тип колонны	тс	тк	тс	тс	тк	тс	тк	тс	тс	тс	тк	тс	тс	тк	тс

	Варианты														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Исходная смесь	в	ж	з	и	к	а	б	в	г	в	г	ж	з	и	к
$G_F$ , кг/с	2,5	3,0	3,5	2,5	4,0	4,0	3,5	4,5	5,0	4,0	3,5	4,0	4,5	3,5	5,0
$x_F$ , % (мол.)	40	30	35	40	35	40	45	40	50	30	40	45	40	50	30
$x_D$ , % (мол.)	95	98	96	97	90	98	95	97	98	95	98	95	97	98	95
$x_W$ , % (мол.)	5	3	1,5	4	6	3	2,5	2	1,5	2	3	2,5	2	1,5	2
$t_H$ , °C	30	25	20	30	25	20	25	20	24	20	30	25	20	30	25
$t_K$ , °C	25	20	25	18	20	30	20	35	25	20	25	20	25	18	20
$t_B$ , °C	20	15	10	12	15	10	15	20	12	15	20	15	10	12	15
Тип колонны	тк	тс	тс	тс	тс	тк	тс	тс	тс	тк	тс	тс	тс	тк	тс

**Исходная смесь:** а – сероуглерод - тетрагидрид углерода; б – бензол-толуол; в – тетрагидрид углерода-толуол; г – метанол-вода; ж – ацетон-бензол; з – хлороформ-бензол; и – бензол- толуол; к – метанол-этанол.

**Тип колонны:** тс – тарельчатая ситчатая; тк – тарельчатая колпачковая.

Литература.

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/Г.С.Борисов, В.П.Брыков, Ю.И.Дытнерский и др. Под ред. Ю.И.Дытнерского. Любое издание.

2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов. Под ред. П.Г.Романкова. Любое издание.

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический  
Кафедра процессов и аппаратов химических технологий

Направление подготовки: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии  
Профиль подготовки: Машины и аппараты химических производств  
Семестр:

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой Д.Н.Латыпов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

### Экзаменационный билет № 1

Б1.В.04 Основные процессы и аппараты и аппараты химических технологий

**1. Предмет и задачи технической гидравлики. Гидростатика и гидродинамика. Понятие о гидростатическом давлении. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.**

**2. Классификация сушилок. Конвективные сушилки: туннельные сушилки; ленточная сушилка: барабанная сушилка; распылительная сушилка**



#### Экзаменационный билет № 1

1. Предмет и задачи технической гидравлики. Гидростатика и гидродинамика. Понятие о гидростатическом давлении. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.

2. Классификация сушилок. Конвективные сушилки: туннельные сушилки; ленточная сушилка: барабанная сушилка; распылительная сушилка.

#### Экзаменационный билет № 2

1. Сорбционные процессы. Абсорбция, адсорбция. Схема работы абсорберов: пленочный трубчатый абсорбер; насадочный абсорбер. Виды насадок.

2. Основные законы гидродинамики. Уравнение неразрывности или уравнение постоянства расхода. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.

#### Экзаменационный билет № 3

1. Гидродинамика, цели и задачи, основные характеристики движения жидкости: расход, скорость потока жидкости, гидравлический радиус, эквивалентный диаметр.

2. Абсорберы барботажные: колонны с колпачковыми тарелками; колонны с ситчатыми тарелками; колонны с клапанными тарелками.

#### Экзаменационный билет № 4

1. Схема работы адсорберов: вертикальный адсорбер с неподвижным слоем адсорбента; адсорбер с циркулирующими псевдоожиженным пылевидным адсорбентом; адсорбер с движущимся зернистым адсорбентом.

2. Дифференциальное уравнение Эйлера для установившегося потока идеальной жидкости.

#### Экзаменационный билет № 5

1. Параметры псевдоожиженного слоя: порозность, гидравлическое сопротивление, удельная поверхность, свободный объем, эквивалентный диаметр, критическая скорость, скорость уноса. Кривая псевдоожижения.

2. Теплообменная аппаратура. Классификация: рекуперативные, регенеративные, смесительные. Кожухотрубные теплообменники жесткой конструкции: одноходовые, двухходовые, четырехходовые: «нежесткой» конструкции: с линзовым компенсатором, с U-образными трубками, с плавающей головкой.

#### Экзаменационный билет № 6

1. Массообменные процессы. Классификация массообменных процессов. Способы выражения состава фаз. Пересчет состава фаз.

2. Гидравлические машины. Назначение и классификация насосов. Основные рабочие параметры насосов.

#### Экзаменационный билет № 7

1. Схема работы центробежного насоса. Характеристика центробежного насоса. Понятие о компрессорных машинах.

2. Равновесие при массообменных процессах. Условия равновесия. Основное уравнение массопередачи.

#### Экзаменационный билет № 8

1. Материальный баланс массопередачи. Уравнение рабочей линии массообменных процессов. Диаграмма Y-X. Движущая сила и средняя движущая

по газовой и жидкой фазе.

2. Схема работы, принцип действия отстойников: отстойный газоход, отстойник с гребковой мешалкой, отстойник для эмульсий.

Экзаменационный билет № 9

1. Осаждение. Кинетика процессов гравитационного осаждения, дифференциальное уравнение гравитационного осаждения.

2. Кожухотрубные теплообменники жесткой конструкции: одноходовые, двухходовые, четырехходовые: «нежесткой» конструкции: с линзовым компенсатором, с U-образными трубками, с плавающей головкой.

Экзаменационный билет № 10

1. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Практическое применение основного уравнения гидростатики.

2. Схема работы, принцип действия отстойников: отстойный газоход, отстойник с гребковой мешалкой, отстойник для эмульсий

Экзаменационный билет № 11

1. Способы выпаривания. Однократное выпаривание, многократное выпаривание. Схема работы прямоточной и противоточной 3х корпусной выпарной установки.

2. Материальный баланс ректификации. Тепловой баланс ректификации.

Экзаменационный билет № 12

1. Материальный и тепловые балансы выпаривания. Общая и полезная разность температур.

2. Экстрагирование и экстракция. Обратная экстракция, область применения. Инжетиrowание и массажирование. Экстрагент, экстракт, рафинат. Схема работы экстракторов: полный распылительный экстрактор; роторно-дисковый экстрактор; насадочный экстрактор.

Экзаменационный билет № 13

1. Потери напора и давления на трение и местные сопротивления.

2. Схема работы выпарных аппаратов: выпарной аппарат с естественной циркуляцией, с принудительной циркуляцией, пленочный выпарной аппарат.

Экзаменационный билет № 14

1. Дифференциальное уравнение движения вязкой жидкости (уравнение Навье-Стокса) Понятие о теории подобия. Критерии гидродинамического подобия: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, Галилея.

2. Контактные сушилки: сушильный шкаф, вальцево-ленточная сушилка. Специальные виды сушки: терморadiационная сушилка, диэлектрическая сушилка; сублимационная сушилка.

Экзаменационный билет № 15

1. Схема работы выпарных аппаратов: выпарной аппарат с естественной циркуляцией, с принудительной циркуляцией, пленочный выпарной аппарат.

2. Минимальное флегмовое число. Рабочее флегмовое число. Фазовые диаграммы процесса ректификации ( $X$ - $Y$ .  $t$ - $X$ . $Y$ ). Расчет ректификационных колонн.

#### Экзаменационный билет № 16

1. Уравнение рабочих линий: для укрепляющей части колонны, для исчерпывающей части колонны.

2. Фильтрующие центрифуги; центрифуга с гравитационной выгрузкой осадка, с ножевым съемом осадка.

#### Экзаменационный билет № 17

1. Фильтрование. Виды фильтрования: с образованием осадка, с закупориванием пор. Движущая сила и скорость фильтрования.

2. Теплообменники типа "труба в трубе", спиральные, змеевиковые, ребристые аппараты с рубашкой, пластинчатые.

#### Экзаменационный билет № 18

1. Осаждение в поле электростатических сил. Скорость электроосаждения. Схема работы трубчатого электрофильтра.

2. Сушка. Основные понятия и определения. Форма связи влаги с материалом. Статика и кинетика сушки; кривая сушки и кривая скорости сушки.

#### Экзаменационный билет № 19

1. Материальный баланс массопередачи. Уравнение рабочей линии массообменных процессов. Диаграмма Y-X. Движущая сила и средняя движущая по газовой и жидкой фазе.

2. Перемешивание. Способы перемешивания: циркуляционное, пневматическое, механическое. Схемы работы мешалок: лопастные, пропеллерные, турбинные, якорные, рамные. Перемешивание пластичных и сыпучих материалов. Схемы шнековых и ленточных мешалок.

#### Экзаменационный билет № 20

1. Расчет насадочных и тарельчатых ректификационных колонн.

2. Дроссельные расходомеры. Мерное сопло, труба Вентури, диафрагма. Измерение расхода. Уравнения объемного расхода. Коэффициент расхода.

#### Критерии оценки на экзамене

Максимальное количество баллов за экзамен 40: максимальное количество баллов за первый вопрос 10, максимальное количество баллов за второй вопрос 20, максимальное количество баллов на ответы 2 дополнительных вопросов 10.

Минимальное количество баллов за экзамен 24: минимальное количество баллов за первый вопрос 6, минимальное количество баллов за второй вопрос 12, минимальное количество баллов на ответы 2 дополнительных вопросов 6.