

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



Зам. директора по УР  
 Н.И. Никифорова  
 « 05 » 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине

Б1.В.04 Моделирование и  
оптимизация химико-  
технологических процессов  
18.04.01 «Химическая технология»  
«Разработка и создание  
высокотехнологичных химических  
производств»

Направление подготовки

Магистерская программа подготовки

МАГИСТР  
ОЧНАЯ, ОЧНО-ЗАОЧНАЯ  
Технологический  
«Нефтехимического синтеза»

Квалификация (степень) выпускника

Форма обучения

Факультет

Кафедра-разработчик рабочей  
 программы

Курс

Семестр

1

1, 2

	Очное				Очно-заочное			
	1 семестр		2 семестр		1 семестр		2 семестр	
	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы	Часы	Зачетные единицы
Лекции	12	0,33	0	0,00	12	0,33	0	0,00
Лабораторные занятия	24	0,66	20	0,55	24	0,66	20	0,55
Контроль самостоятельной работы	12	0,33	0	0,00	12	0,33	0	0,00
Самостоятельная работа	60	1,66	61	1,69	60	1,66	61	1,69
Количество часов на экзамен	0	0,00	27	0,8	0	0,00	27	0,8
Всего	108	3	108	3	108	3	108	3
Форма аттестации	Зачёт		Экзамен		Зачёт		Экзамен	
Курсовой проект	-	-	+	+	-	-	+	+

Нижнекамск 2023

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 910 от 21.11.2020 по направлению 18.04.01 «Химическая технология» на основании учебного плана набора обучающихся 2023 г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

На основании учебного плана набора обучающихся 2023 года.

Разработчик программы:

доцент

  
(подпись)

Т.Б. Минигалиев  
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры НХС, протокол от 12 апреля 2023 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Р.З. Агзамов  
(Ф.И.О.)

## ***1. Цели освоения дисциплины***

Целями освоения дисциплины «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» являются:

- а) формирование базы теоретических знаний и практических навыков в области управления и оптимизации химико-технологических процессов;
- б) формирование творческого мышления, способности ставить и решать задачи производственного и научного характера, связанные с разработкой инновационных методов создания химико-технологических процессов, веществ и материалов, оборудования;
- в) формирование способности сравнительного анализа существующих и разрабатываемых технологий, выбора наиболее рациональной технологической схемы синтеза, определения оптимальных режимов работы отдельных аппаратов, учитывая принципы энергосбережения и рационального использования сырья в химической технологии;
- г) формирование навыков самостоятельной постановки и проведения теоретических и экспериментальных физико-химических исследований, мотиваций к самообучению и непрерывному профессиональному самосовершенствованию.

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

Дисциплина «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» относится к вариативной части образовательной программы и формирует у магистров по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» магистр по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.05 Основные процессы и современное аппаратное оформление химических производств;

б) Б1.Б.07 Инженерные службы, организации и управление химических производств;

в) Б1.В.03 Обобщение и анализ существующих химических технологий. Планирование многостадийных синтезов.

Дисциплина «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) Б2.В.02(Н) Научно-исследовательская работа;

б) Б2.В.03(П) Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика));

в) Б2.В.04(П) Производственная практика (преддипломная практика).

Знания, полученные при изучении дисциплины «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» могут быть использованы при прохождении практик: учебной, производственной и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

### ***3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины***

**ПК-4** Способен строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, использовать пакеты прикладных программ при выполнении проектных работ

**ПК-4.1** Знает методологию создания цифровых двойников технологических процессов с помощью математических моделей, комплексы программных продуктов, позволяющих создавать цифровые двойники на практике, методы анализа и оптимизации цифровых двойников

**ПК-4.2** Умеет с помощью математических моделей создавать цифровые двойники реальных процессов для описания и прогнозирования различных

явлений, производить их анализ и оптимизацию, используя пакеты прикладных программ

**ПК-4.3** Владеет осмысленными навыками применения методов реализующих способность строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, использовать пакеты прикладных программ при выполнении проектных работ

***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

1) Знать:

а) основы теории процессов в химических реакторах, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии;

б) методы построения моделей химико-технологических процессов; методы идентификации математических описаний технологических процессов на основе экспериментальных данных; методы оптимизации химико-технологических процессов;

в) основы теории массо- и теплопереноса; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи, типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;

2) Уметь:

а) определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса;

б) применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач расчета, проектирования,

моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии;

в) произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе;

3) Владеть

а) навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;

б) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов;

в) методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса, методами выбора химических реакторов;

г) методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов.

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Лабораторные работы	КСР	СРС	
1	<b>Раздел 1.</b> Моделирование химико-технологических процессов	1	12	20	-	51	лабораторные работы № 1-4, экзамен
Форма аттестации							Экзамен (27)
2	<b>Раздел 2.</b> Оптимизация химико-технологических процессов	2	-	24	-	21	лабораторные работы № 5-7, экзамен
3	<b>Курсовой проект</b>	3	-	-	18	18	Защита курсового проекта
Форма аттестации							Экзамен (27)

#### **5. Содержание лекционных занятий по темам**

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
<i>II семестр</i>					
1	<b>Раздел 1.</b> Моделирование химико-технологических процессов	1	<b>Тема 1.</b> Постановка задач оптимизации	Оптимизация. Критерии оптимальности. Структурные параметры ХТС. ХТС, как объект оптимизации. Задачи оптимизации.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 2.</b> Оптимизация в условиях риска и неопределенности	Определение параметров в системе. Проблемы оптимизации системы. Стохастические параметры. Линейное и нелинейное детерминированное программирование.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 3.</b> Оптимизация с учетом динамики системы	Динамические режимы ХТС. Пуск и остановка оборудования; переход от одного режима к другому; искусственно создаваемые циклические колебательные процессы с целью интенсификации работы оборудования	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 4.</b> Оптимизация с целочисленными переменными	Параметры ХТС. Методы непрерывного программирования.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 5.</b> Оптимизация с учетом структуры ХТС	Требования сырья и энергии к ХТС. Горизонтальная декомпозиция проблемы оптимизации.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

				Оптимальное проектирование ХТС и его вертикальная декомпозиция.	
		1	<b>Тема 6.</b> Некоторые частные задачи оптимизации ХТС	Сложные ХТС. Синтез оптимальной структуры ХТС. Оптимизация аппаратного оформления и режима.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 7.</b> Особенности задач оптимизации ХТС	Специфические особенности. Математическое описание многих аппаратов. Итерационные методы.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 8.</b> Математическая модель. Процесс постановки решения задач оптимизации	Анализ проблемной ситуации. Построение математической модели. Анализ модели. Выбор метода и средств решения. Выполнение расчетов. Анализ результатов. Применение результатов. Коррекция и доработка модели.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 9.</b> Математическая модель и ее составляющие. Аналитические методы оптимизации	Характеристика переменных. Характеристика ограничений. Характеристика целевой функции. Основные подходы к решению задач оптимизации. Понятие о методах и алгоритмах решения. Аналитический поиск экстремума. Метод множителей Лагранжа.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		1	<b>Тема 10.</b> Моделирование ХТС в программной среде HYSYS	Программный пакет HYSYS. Основные аспекты HYSYS.	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

## **6. Содержание практических занятий**

Не предусмотрено учебным планом

## **7. Содержание лабораторных занятий**

Целью лабораторных занятий является усвоение полученных теоретических знаний. Умение анализировать поставленную задачу, использовать критерии при оптимизации различных ХТП. Умение применять физико-математические методы для проектирования технологических процессов, работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач, работать с программными средствами общего назначения.



№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
II семестр				
1	Раздел 1. Моделирование химико- технологических процессов	5	Тема 1. Материальные потоки. Расчет свойств компонентов и смеси (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		5	Тема 2. Операции разделения. Сепаратор, 3-фазный сепаратор (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		5	Тема 3. Операции разделения. Покомпонентный делитель (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		5	Тема 4. Смеситель / Ветвитель (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
III семестр				
2	Раздел 2. Оптимизация химико- технологических процессов	8	Тема 5. Оптимизация технологической схемы паровфазной дегидратации метилфенилкарбинола (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		8	Тема 6. Оптимизация технологической схемы разделения нефти (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
		8	Тема 7. Оптимизация технологической схемы термического крекинга углеводородов (Лаборатория химических синтезов №112, Компьютерный зал, 29)	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
<i>II семестр</i>				
1	Понятие компьютерного моделирования	11	конспект	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
2	Описание ХТП с применением ДУЧП	10	конспект	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
3	Дифференциальные уравнения в частных производных	10	конспект	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
4	Дифференциальные уравнения в частных производных: классификация, граничные условия	10	конспект	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
5	Разностный метод решения ДУЧП	10	конспект	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
<i>III семестр</i>				
6	Курсовой проект	18	Выполнение курсового проекта	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
7	Оптимизация технологической схемы паровфазной дегидратации метилфенилкарбинола	11	подготовка лабораторной работы №5	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

8	Оптимизация технологической схемы разделения нефти	10	подготовка лабораторной работы №6	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3
---	--	----	-----------------------------------	------------------------

### 8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	Курсовой проект	18	консультирование, проверка, прием курсового проекта	ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности магистрантов в рамках дисциплины Б1.В.04 «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальный балл выставляется за принципиально правильный и полный подход к решению задач учебной практики, грамотное изложение и оформление полученных результатов, широту ответов на все поставленные вопросы.

Минимальный балл отражает принципиально правильный подход магистранта к решению отдельных задач с учетом полноты ответов на поставленные в задачах вопросы, допущенных неточностей и ошибок.

Шкала перевода итогового рейтингового балла  $R_{дс}$  в 4-балльную систему оценки знаний.

Интервал баллов рейтинга	Оценка
$0 \leq R_{дс} < 60$	«неудовлетворительно» (2)
$60 \leq R_{дс} < 73$	«удовлетворительно» (3)
$73 \leq R_{дс} < 87$	«хорошо» (4)
$87 \leq R_{дс} \leq 100$	«отлично» (5)

Оценочные средства	Кол-во	Баллы	
		min	max
1 семестр			
Мероприятия текущего контроля			
Посещение лекций	10	6	10
Лабораторные работы	4	30	50
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100
2 семестр			
Оценочные средства			
Лабораторные работы	3	36	60
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

**Критерии оценки курсового проекта:**

Оценочные средства	Баллы	
	min	max
<b>Мероприятия текущего контроля</b>		
Введение	7	15
Моделирование узла	12	20
Обработка экспериментальных данных	10	15
Заключение	7	10
Защита курсового проекта	24	40
ИТОГО	60	100

***10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

## **11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **11.1 Основная литература**

При изучении дисциплины Б1.В.04 «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Основные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Заварухин, С.Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.Г. Заварухин — Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017.— 86 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/91236.html">http://www.iprbookshop.ru/91236.html</a> ., по паролю — ЭБС «IPRbooks»	ЭБС « IPRbooks » <a href="http://www.iprbookshop.ru/91236.html">http://www.iprbookshop.ru/91236.html</a> . — Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адреса НХТИ
2. Кисель Н.Н. Основы компьютерного моделирования в САПР EMPro [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.Н. Кисель, А.А. Ваганова — Электрон. текстовые данные.— Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2018.— 342 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/87738.html">http://www.iprbookshop.ru/87738.html</a> ., по паролю — ЭБС «IPRbooks»	ЭБС « IPRbooks » <a href="http://www.iprbookshop.ru/87738.html">http://www.iprbookshop.ru/87738.html</a> . — Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адреса НХТИ
3. Перерва, О.В. Компьютерное моделирование статических и динамических режимов работы ректификационных установок [Электронный ресурс]: практическое руководство для технологов и проектировщиков/ О.В. Перерва, Т.Н. Гартман — Электрон. текстовые данные.— Москва: Лаборатория знаний, 2018.— 206 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/88482.html">http://www.iprbookshop.ru/88482.html</a> ., по паролю — ЭБС «IPRbooks»	ЭБС « IPRbooks » <a href="http://www.iprbookshop.ru/88482.html">http://www.iprbookshop.ru/88482.html</a> . — Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адреса НХТИ

### **11.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Дополнительные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Клинов, А.В. Лабораторный практикум по математическому моделированию химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Клинов, А.В. Малыгин — Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011.— 99 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/63719.html">http://www.iprbookshop.ru/63719.html</a> ., по паролю — ЭБС «IPRbooks»	ЭБС « IPRbooks » <a href="http://www.iprbookshop.ru/63719.html">http://www.iprbookshop.ru/63719.html</a> . — Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адреса НХТИ
2. Тупицына, А.И. Методы компьютерного моделирования физических процессов и сложных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.И. Тупицына — Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2014.— 49 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/67284.html">http://www.iprbookshop.ru/67284.html</a> ., по паролю — ЭБС «IPRbooks»	ЭБС « IPRbooks » <a href="http://www.iprbookshop.ru/67284.html">http://www.iprbookshop.ru/67284.html</a> . — Доступ с любой точки интернет после регистрации с IP-адреса НХТИ

### **11.3 Электронные источники информации**

При изучении дисциплины Б1.В.04 «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов» использование электронных источников информации

1. Федеральный портал «Российское образование» [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: <http://www.edu.ru/>, свободный.

2. Федеральный центр информационно- образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru/>, свободный.

3. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, свободный.

4. Образовательный портал по химии «HIMUS» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://himus.umi.ru/>, свободный.

5. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fips.ru/>, свободный.

6. Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный.

7. ЭБС IPR SMART: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

#### **11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных. Термические Константы Веществ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.chem.msu.su/cgi-bin/tkv.pl?show=welcome.html>, свободный.

2. База данных PubChem [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>, свободный.

3. База данных NIST Chemistry WebBook [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webbook.nist.gov/chemistry/>, свободный.

4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru>, свободный.

#### **Согласовано:**

Зав. отделом  
по библиотечному  
обслуживанию



В.Я. Тарасова

## 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Реализация учебной дисциплины требует наличия:

1. учебного кабинета 29 «Компьютерный зал» и кабинет для самостоятельной работы студентов №29, в том числе:

- 1) Системный блок – ASUS TeK P5KLP-AM;
- 2) Системный блок – Core 2 Duo E7400-Midi ATX 350;
- 3) Монитор - LG TFT 20" W2043SE-PF;
- 4) Монитор - Samsung 732N Black TFT 17" ;
- 5) Сканер – HP PI/A4 ScanJet G3010 USB (L1985A);
- 6) Хаб - D-Link 10/100/1000mbps 24-port+2SFP+2\*GbI;
- 7) Выход в Интернет – модем De-Link DWA 110;
- 8) Модуль сбора данных – МСД-100;
- 9) Принтер - Samsung ML-1210;
- 10) Поворотно-передвижная магнитно-маркерная доска Magnetoplan;
- 11) Столы-парты.

2. Кабинет курсового проектирования (выполнения курсовых работ) №40:

- 1) Офисный шкаф;
- 2) Стенды наглядных пособий по проектированию ХТП;
- 3) Учебно-методические пособия и справочная литература;
- 4) Ксерокс – Canon NP 6317;
- 5) Системный блок - Core 2 Duo E7400-Midi ATX 350;
- 6) Монитор – Acer V193WAb WIDE 19";
- 7) Выход в Интернет – модем De-Link DWA 110;
- 8) Столы-парты .

### Лицензионное программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Количество лицензий	Основание
1	<b>Операционные системы:</b> Windows XP Windows 7 <b>Приложения:</b> Office 2003 Office 2010	Все компьютерные классы в каб. 29	Подписка на Microsoft DreamSpark от 28.07.2016.

3. Лаборатория химических синтезов №112

#### Лабораторная мебель:

вытяжной шкаф, стол для весов СВ-01, стеллаж для химической посуды, стеллаж для химических реактивов, столы лабораторные, островные лабораторные столы, лабораторные столы-тумбы, лабораторная стол-мойка, шкаф для документации, шкаф металлический.

#### Общелабораторное оборудование:

дистиллятор Д-4, рН-метр HI 2215, весы лабораторные AJ-320 CE, колбонагреватель UT-4120, печь муфельная, термостат HT 30-M1 JULABO GmbH, холодильник Candy TSA 5143W, лабораторный хроматограф ЛХМ-80, АЦП – 6 канальное, термошкаф, перемешивающее устройство с регулированием частоты вращения ПЧВ2, магнитная мешалка ММ-5, измеритель-регулятор температуры ТРМ-1 с преобразователем термоэлектрическим ХА ТПК 184-00, генератор водорода ГВЧ-6, микронасос, криостат углекислотный, вискозиметры ВПЖ-2, ВПЖ-4, моностаб лабораторный,

**Специализированные установки и стенды:**

- лабораторная установка «Пиролиз углеводородов», включающая: реактор-пиролизер проточный, печь трубчатая с регулятором температуры ТРМ-1, насос дозатор, конденсатор 2-х ходовой, приемники, счетчик газа;

- лабораторная установка «Дегидратация спиртов», включающая: реактор каталитический проточный, дозирующее устройство, печь трубчатая с регулятором температуры ТРМ-1, холодильник проточный водяной, углекислотный конденсатор, приемники, счетчик газа;

- лабораторная установка «Каталитический крекинг углеводородов», включающая: реактор каталитический проточный, дозирующее устройство, печь трубчатая с регулятором температуры ТРМ-1, холодильник проточный водяной, углекислотный конденсатор, приемники, счетчик газа;

- лабораторная установка «Жидкофазные химические синтезы», включающая: лабораторный реактор-смеситель, перемешивающее устройство с регулированием частоты вращения мешалки, дозатор, термостат циркуляционный, обратный холодильник, пробоотборник.

**Рабочие места:**

- аналитическое определение концентрации функциональных групп органических соединений титрометрическим методом (пипетки, бюретки, лабораторная посуда);

- определение вязкости нефтепродуктов и органических веществ (вискозиметры ВПЖ-2, термостат);

- определение температуры помутнения нефтепродуктов методом «Холодного стержня» (криостат, специализированное лабораторное оборудование);

- хроматографическое определение концентрации стирола в реакционной смеси (хроматограф ЛХМ-80 (детектор ПИД), АЦП, колонка насадочная, генератор водорода ГВЧ-6, газовый баллон – гелий, вспомогательные принадлежности);

- хроматографическое определение анилина в реакционной смеси (хроматограф ЛХМ-80 (детектор ПИД), АЦП, колонка насадочная, генератор водорода ГВЧ-6, газовый баллон – гелий, вспомогательные принадлежности);

- хроматографическое определение концентрации окиси пропилена и пропиленгликоля в реакционной смеси (хроматограф ЛХМ-80 (детектор ПИД), АЦП, колонка насадочная, генератор водорода ГВЧ-6, газовый баллон – гелий, вспомогательные принадлежности);

- определение активности ионов водорода (рН-метр HI 2215, набор электродов);

- потенциометрическое титрование - определение щелочного числа в моторных маслах (рН-метр HI 2215, набор электродов);

- потенциометрическое титрование - определение щелочного числа в простых полиэфирах окиси пропилена (рН-метр HI 2215, набор электродов);

- определение активности и концентрации ионов:  $H^+$ ,  $Li^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ag^+$ ,  $X^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $ClO_4^-$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $Br^-$ ,  $I^-$ ,  $CN^-$ ,  $SCN^-$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Ba^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $(Ca+Mg)^{++}$ ,  $Pb^{++}$ ,  $Cd^{++}$ ,  $Cu^{++}$ ,  $Hg^{++}$ ,  $X^{++}$ ,  $CO_3^{--}$ ,  $S^{--}$  (рН-метр HI 2215, набор электродов)

- определение вязкости органических соединений и/или смесей (термостат, вискозиметры).

4. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования №512:

Столы, стул.

Паяльная станция, набор инструментов, диагностический инструмент, ПК для диагностики неисправностей.

### **13. Образовательные технологии**

В процессе проведения аудиторных занятий применяются следующие образовательные технологии обучения (в интерактивных формах):

Тема	Вид занятия	Интерактивная форма	часы
<i>II семестр</i>			
Материальные потоки. Расчет свойств компонентов и смеси	Лабораторное занятие	Приём лабораторной работы №1	4
Операции разделения. Сепаратор, 3-фазный сепаратор	Лабораторное занятие	Приём лабораторной работы № 2	4
<i>III семестр</i>			
Оптимизация технологической схемы паровфазной дегидратации метилфенилкарбинола	Лабораторное занятие	Приём лабораторной работы №5	4
Оптимизация технологической схемы разделения нефти	Лабораторное занятие	Приём лабораторной работы № 6	4
<b>ИТОГО</b>			<b>16</b>