



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП


(подпись)

Реутов В.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)
13 июля 2018 г.



«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий базовой кафедрой
химических и ресурсосберегающих технологий
(название кафедры)


(подпись)

Реутов В.А.
(Ф.И.О. зав. каф.)
13 июля 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование химико-технологических процессов
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»
Форма подготовки очная

курс 3 семестр 6
лекции 36 час.
практические занятия 0 час.
лабораторные работы 36 час.
в том числе с использованием МАО лек. 10 / лаб. 10 час.
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.
в том числе с использованием МАО 20 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 45 час.
контрольные работы (количество) 1
курсовой проект не предусмотрен
зачет не предусмотрен
экзамен 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 21.10.2016 № 12-13-2030.

Рабочая программа обсуждена на заседании базовой кафедры химических и ресурсосберегающих технологий ШЕН протокол № 10 от 13 июля 2018 г.

Заведующий кафедрой: к.х.н., доцент Реутов В.А.
Составитель (ли): профессор, д.т.н. Кривошеев В.П., А.В. Ануфриев

Оборотная сторона титульного листа

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:

Протокол от " 29 " мая 2019 г. № 07

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов
(подпись) (И.О. Фамилия)

Перепроверить где 2019 г. кабарк



II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):

Протокол от " _____ " _____ 20 _____ г. № _____

Заведующий базовой кафедрой химических и ресурсосберегающих технологий

В. А. Реутов
(подпись) (И.О. Фамилия)

ABSTRACT

Bachelor's degree in 18.03.01 Chemical technology

Study profile: Technology of oil processing and chemical production

Course title: Modeling the chemical-technological processes

Variable part of Block 1 “Compulsory courses”, 4 credits

Instructor: *Krivosheev V.P., Anufriev A.*

At the beginning of the course a student should be able to:

for successful study of the discipline, the following preliminary competences should be formulated:

- ability to self-improvement and self-development in the professional sphere, to increase the general cultural level (GC-1).
- ability to self-organization and self-education (GC-14).
- ability and willingness to use the basic laws of natural sciences in professional activities (GPC-1).
- readiness to use knowledge of the modern physical picture of the world, space-time patterns, the structure of matter for understanding the surrounding world and natural phenomena (GPC-2).
- willingness to use analytical and numerical methods for solving set tasks, to use modern information technologies, to carry out information processing using application software of the professional sphere, to use network computer technologies and databases in their professional field, application packages for the calculation of technological parameters of equipment (PC-2).

Learning outcomes:

- ability to use modern methods and technologies (including information) in professional activities (GC-5).
- possession of the main methods, methods and means of obtaining, storing, processing information, have computer skills as a means of managing information (GPC-5).
- willingness to use analytical and numerical methods for solving the tasks, to use modern information technologies, to carry out information processing using application software of the business field; use network computer technologies and databases in their subject area, application packages for calculating the technological parameters of equipment (PC-2).
- the ability to plan and conduct physical and chemical experiments, process their results and evaluate errors, put forward hypotheses and set the boundaries of their application, apply methods of mathematical analysis and modeling, theoretical and experimental research (PC-19).

Course description:

Contents covers the following issues: principles of construction of mathematical models of chemical engineering processes, the calculation of the design parameters of chemical engineering and technological modes of their work, both in statics and dynamics, establishing the adequacy of the models, methods for solving equations and analysis of processes.

Objectives of the discipline:

- study of principles and methods of mathematical models construction;
- study of analytical and experimental methods of model building;
- use of models for the analysis of energy-and resource-saving processes in chemical technology.

Main course literature:

1. Gumerov, A.M. Mathematical modeling of chemical-engineering processes [electronic resource] : tutorial. — Digital text data — SPb. Lan, 2014. — 176 p. — Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=41014 — Caps. screen.

2. Klinov, A.V. Mathematical modeling of chemical-engineering processes [electronic resource] : / A.V. Klinov, A.G. Muhametzjanova. — Digital text data — Kazan: KNRTU (Kazan State Technological University), 2009. — 144 p. — Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=13289 — Caps. screen.

3. Chikurov, N. G. Simulation systems and processes [electronic resource]: tutorial / N. G. Chikurov. — Digital text data — M.: IC RIOR: NIC Infra-M, 2013. — 398 p. — Access: <http://znanium.com/bookread.php?book=392652>. — ELS " ELS ZNANIUM.COM", by password

4. Meshalkin, V. P. Basics of information and mathematical modeling of environmental systems [electronic resource]: tutorial / V. P. Meshalkin, O. B. Butusov, A. G. Gnauk. — Digital text data — M.: INFRA-M, 2010. — 357 p. — Access: <http://znanium.com/bookread.php?book=184099>. — ELS «ZNANIUM.COM», no by password

5. Samojlov, N.A. Examples and problems on the course "Mathematical modeling of chemical-technological processes" [electronic resource] : tutorial. — Digital text data — SPb. Lan, 2013. — 169 p. — Access: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356 — Caps. screen.

Form of final control: exam.

АННОТАЦИЯ

Рабочая программа дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» разработана для студентов 3 курса направления подготовки 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств» в соответствии с требованиями ОС ВО ДВФУ по данному направлению.

Курс Б1.В.01.06 «Моделирование химико-технологических процессов» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (36 час.) и лабораторные занятия (36 час.), самостоятельная работа (72 час., из них 45 час. отведены на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется в 6 семестре 3 курса.

Курс «Моделирование химико-технологических процессов» продолжает и углубляет профессиональную направленность содержания дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Органическая химия», «Высшая математика», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии» бакалавриата.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: принципы построения математических моделей процессов химической технологии, расчет конструктивных параметров химической технологии и технологических режимов их работы, как в статике, так и в динамике, установление адекватности моделей, методы решения уравнений и анализу протекания процессов.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов», могут быть использованы при изучении профильных дисциплин, в научно-исследовательской работе студентов и при подготовке выпускной квалификационной работы.

Цель дисциплины : получить знания для построения математических моделей статического состояния и переходных режимов объектов моделирования.

Задачи дисциплины:

- изучение принципов и методов построения математических моделей;
- изучение аналитических и экспериментальных методов построения моделей;
- использование моделей для анализа протекания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии.

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– ОК-1 способностью к самосовершенствованию и саморазвитию в профессиональной сфере, к повышению общекультурного уровня.

– ОК-14 способностью к самоорганизации и самообразованию.

– ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.

– ОПК-2 готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы.

– ПК-2 готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции (элементы компетенций).

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	Знает	современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Умеет	находить и использовать современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Владеет	навыками поиска, анализа и обучения современным методам и технологиям в профессиональной деятельности
ОПК-5 владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	Знает	основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации
	Умеет	использовать, обрабатывать и хранить информацию для выполнения поставленной задачи
	Владеет	навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ПК-2 готовностью приме-	Знает	аналитические и численные методы решения задач, прикладные программные средства деловой

<p>нять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования</p>		сферы деятельности, сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
	Умеет	использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных
	Владеет	навыками применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, навыками находить, изучать и использовать базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
<p>ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	Знает	методы планирования физических и химических экспериментов, виды погрешностей, методы математического анализа
	Умеет	планировать и проводить физические и химические эксперименты, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	Владеет	навыками обработки результатов физических и химических экспериментов, оценки погрешности, способностью выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- лекция презентация (на лекционных занятиях);
- компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (на лабораторных занятиях).

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов (8 час.)

Тема 1. Основы построения математических моделей (2 час.)

Форма интерактивного обучения: лекция-презентация

Основные понятия и определения, принятые в математическом моделировании. Классификация видов моделирования.

Классификация химико-технологических процессов: по физико-химической сущности; по природе изменения переменных, характеризующих процесс. Виды переменных, характеризующих химико-технологический процесс.

Понятие о химико-технологической системе. Виды математических моделей химико-технологических процессов

Тема 2. Аналитический метод построения математической модели (2 час.)

Форма интерактивного обучения: лекция-презентация

Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии. Основы построения математической модели аналитическим методом. Блочный принцип построения аналитической модели.

Уравнения баланса вещества, энергии и импульса. Уравнения элементарных процессов. Формы математического описания. Установление адекватности аналитической модели. Изоморфность математических моделей. Особенности математических моделей химико-технологических процессов.

Тема 3. Экспериментальный метод построения математической модели (4 час.)

Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода активного эксперимента. Описание статической характеристики объекта с одной входной и одной выходной переменными. Описание статической характеристики с несколькими входными и одной выходной переменными методом планирования эксперимента. Исследование статического состояния объекта моделирования с использованием метода пассивного эксперимента.

Определение стохастической связи между переменными объекта моделирования. Выбор вида уравнения регрессии. Вычисление коэффициентов уравнения регрессии и оценка их значимости, проверка адекватности уравнения регрессии.

Экспериментальный метод построения математической модели динамики объекта моделирования.

Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков (4 час.)

Тема 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (4 час.)

Форма интерактивного обучения: лекция-презентация

Структура потоков – гидродинамическая основа математических моделей. Модели идеального смешения и идеального вытеснения, диффузионные модели, ячеечная модель, комбинированные модели. Исходная информация для получения моделей гидродинамики объекта.

Раздел III. Математическое моделирование тепловых и химических процессов (8 час.)

Тема 1. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах (2 час.)

Форма интерактивного обучения: лекция-презентация

Математическая модель теплообменника с сосредоточенными переменными. Математическая модель теплообменника с распределёнными переменными. Математическая модель погружного теплообменника типа «смешение - вытеснение».

Тема 2. Математические модели химических реакторов без учёта теплового эффекта реакции (3 час.)

Математическая модель химического реактора идеального вытеснения. Математическая модель проточного реактора с мешалкой. Математическая модель проточного реактора, основанная на диффузионной модели.

Тема 3. Математическое описание типовых химических реакторов с учётом теплового эффекта реакций (2 час.)

Форма интерактивного обучения: лекция-презентация

Материальный и энергетический баланс. Тепловой эффект реакции. Химическое равновесие. Скорость химической реакции. Степень превращения. Селективность и путь реакции.

Математические модели реакторных процессов – жидкофазных, контактно – каталитических, суспензионных. Стехиометрический анализ, механизмы реакций, кинетика, идентификация моделей

Математическое описание гомогенного реактора. Математическое описание процесса на зерне катализатора. Математическое описание реактора с неподвижным слоем катализатора. Математическое описание реактора с псевдооживленным слоем катализатора. Математическое описание реакторов с мешалкой: периодического действия, непрерывного действия.

Раздел IV. Математическое моделирование массообменных процессов (16 час.)

Тема 1. Математические модели тарельчатых ректификационных колонн (8 час.)

Парожидкостное равновесие. Кинетика процесса массообмена. стехиометрический анализ, механизмы реакций, кинетика, идентификация моделей. Статические модели бинарной ректификации.

Математическая модель системы конденсатор-флегмовая ёмкость. Математическая модель кипятильника колонны.

Некоторые свойства колонн, разделяющих бинарные смеси. Математическое описание статических режимов ректификационных колонн для разделения бинарных и многокомпонентных смесей. Математическое описание динамических режимов ректификационных колонн, разделяющих бинарные и многокомпонентные смеси.

Тема 2. Модели и алгоритмы расчёта процесса абсорбции (4 час.)

Равновесие в системе газ - жидкость. Математические модели массообменного процесса – абсорбции. Кинетика процесса абсорбции. Структура потоков фаз в аппарате. Алгоритм расчёта статических режимов.

Тема 3. Моделирование процесса экстракции в системе жидкость-жидкость (4 час.)

Математические модели массообменных процессов экстракции, ректификации, кристаллизации, тепловых процессов в теплообменниках, сушки, выпарки. Равновесие между жидкими фазами. Описание кинетики и массопередачи в экстракторах с внешним подводом энергии. Модели структуры потоков в колонных экстракторах.

Установление адекватности моделей; методы решения уравнений и анализ протекания процессов.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лабораторные работы (36 час.)

Лабораторная работа №1. Построение аналитическим методом математической модели динамики объекта с сосредоточенными параметрами на примере объекта управления уровнем (гидравлической емкости) и математической модели системы управления уровнем с типовыми законами управления (4 час.)

Лабораторная работа №2. Построение линейной модели статического процесса методом планирования эксперимента (4 час.)

Лабораторная работа №3. Применение методов исследования структуры потоков для оценки параметров ячеечной модели (4 час.). Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (2 час.)*

Лабораторная работа №4. Моделирование температурного профиля в трубчатом теплообменнике при прямотоке и при противотоке (4 час.). Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (2 час.)*

Лабораторная работа № 5. Определение оптимального температурного профиля для реактора идеального вытеснения (4 час.). Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (2 час.)*

Лабораторная работа № 6. Моделирование температурных режимов начала кипения, начала конденсации и эквимолярного деления смеси по моделям Вильсона, НРТЛ и без учёта неидеальности (4 час.). Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (2 час.)*

Лабораторная работа № 7. Моделирование состава на ступени массообменного контакта с учётом теплового баланса идеальной смеси (4 час.). Форма интерактивного обучения: *компьютерное моделирование и практическое обсуждение результатов (2 час.)*

Лабораторная работа № 8. Моделирование состава смеси в конденсаторе и в кипятильнике (4 час.)

Лабораторная работа № 9. Моделирование статического режима ректификационной колонны (4 час.)

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

– план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

– характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;

– требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

– критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов	ОК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
			умеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-19	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлением отчетов	

				(ПР-6)	
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-19	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
3	Раздел III Математическое моделирование тепловых и химических процессов	ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 16-30 экзамена
			умеет	Выполнение 4-5 лабораторных	

				работ с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
		ОК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
4	Раздел IV Математическое моделирование массообменных процессов	ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 31-38 экзамена
			умеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов	

			(ПР-6)
	ОПК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)
		умеет	Выполнение 9 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)
		владеет	Выполнение 9 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие, 2-е изд. перераб. / А. М. Гумеров – Электрон. текстовые данные. – СПб.: Лань, 2014. – 176 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

<http://e.lanbook.com/view/book/41014/>

2. Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Клинов, А. Г. Мухаметзянова – Электрон. текстовые данные. – Казань.: Казанский государственный технологический университет, 2009. – 144 с.

Университетская библиотека Online:

http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view&book_id=270540

3. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. Г. Чикуров. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. – 398 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=392652>

4. Мешалкин, В. П. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Мешалкин, О. Б. Бутусов, А. Г. Гнаук. – Электрон. текстовые данные. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 357 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=184099>

5. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 169 с.

ЭБС «Elanbook.com»:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356

6. Любченко, Е. А. Планирование и организация эксперимента : учебное пособие для вузов ч. 1 / Е. А. Любченко, О. А. Чуднова ; Владивосток : Изд-во Тихоокеанского экономического университета , 2010. - 155 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:358959&theme=FEFU>

7. Очков, В. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов / В. Очков. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург , 2007. - 360 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:252776&theme=FEFU>

8. Информатика для химиков-технологов : учебное пособие для вузов по химико-технологическим направлениям / Л. С. Гордеев, В. Ф. Корнюшко, В. С. Боридко и др. ; Москва : Высшая школа , 2006. - 286 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242473&theme=FEFU>

9. Цицишвили, М. А. Алгебраические методы моделирования стохастических сетей / Г. Ш. Цицишвили, М. А. Осипова ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт прикладной математики. Владивосток : Дальнаука , 2007. - 131 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:265340&theme=FEFU>

10. Беккер, В. Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления : учебное пособие для вузов / В. Ф. Беккер. Москва : Риор : Инфра-М, 2014. - 141 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:751832&theme=FEFU>

11. Самойлов, Н. А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" : учебное пособие / Н. А. Самойлов. Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 168 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727522&theme=FEFU>

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Кривошеев, В. П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие, в 2-х частях / В. П. Кривошеев. – Владивосток: Дальневосточный государственный университет, 2005. – 207 с.

ЭК НБ ДВФУ:

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:235292&theme=FEFU>

2. Закгейм, А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. 3-е изд., перераб. и доп. [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ю. Закгейм. – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2012. – 304 с.

ЭБС «Znanium.com»:

<http://znanium.com/bookread.php?book=468690>

3. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер – Электрон. текстовые данные. – М.: Логос, 2004. – 439 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/9063>

4. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец — Электрон. текстовые данные. – Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. – 271 с.

ЭБС «IPRbooks»:

<http://www.iprbookshop.ru/7003>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Специальные курсы. Математическое моделирование – третий путь познания [Электронный ресурс] / Разработчик : Кафедра математики Физического Факультета МГУ им. М.В. Ломоносова. – Режим доступа : http://matematika.phys.msu.ru/stud_spec/270, свободный. – Загл. с экрана.

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Не предусмотрено

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках данной дисциплины предусмотрено 72 часа самостоятельной работы, которая необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- разбор теоретических аспектов практических работ, написание отчётов по лабораторным и практическим работам, подготовка к защите отчетов;
- работа со стандартами ГОСТ;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в приложении 1.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» на лекциях используется мультимедийное оборудование: ноутбук, проектор, экран.

Лабораторный практикум по данной дисциплине проводится в компьютерной лаборатории.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**
по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов»
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения, неделя	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1	Выполнение лабораторной работы № 1	1	Отчет по лабораторной работе № 1
2	2	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
3	3	Выполнение лабораторной работы № 2	1	Отчет по лабораторной работе № 2
4	4	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю I
5	5	Выполнение лабораторной работы № 3	1	Отчет по лабораторной работе № 3
6	6	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю II
7	7	Выполнение лабораторной работы № 4	1	Отчет по лабораторной работе № 4
8	8	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
9	9	Выполнение лабораторной работы № 5	1	Отчет по лабораторной работе № 5
10	10	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
11	11	Выполнение лабораторной работы № 6	1	Отчет по лабораторной работе № 6
12	12	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю III
13	13	Выполнение лабораторной работы № 7	1	Отчет по лабораторной работе № 7
14	14	Изучение лекционного материала	2	Тест по мо-

		ла, подготовка к текущему контролю		дулю III
15	15	Выполнение лабораторной работы № 8	1	Отчет по лабораторной работе № 8
16	16	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
17	17	Выполнение лабораторной работы № 9	1	Отчет по лабораторной работе № 9
18	18	Изучение лекционного материала, подготовка к текущему контролю	2	Тест по модулю IV
19	15-18	Подготовка к экзамену.	45	Экзамен

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Самостоятельная работа необходима при проработке материала лекции; подготовке к лабораторным работам, экзамену.

В самостоятельную работу по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» включены следующие виды деятельности:

- поиск информации по темам для самостоятельного изучения;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю.

Для закрепления навыков и знаний студента, полученных на практических занятиях, студента в течение курса выдается 9 лабораторных заданий. Лабораторные работы закрепляют навыки текущей темы практических занятий. Для выполнения итогового домашнего задания необходимо использовать все полученные знания и умения, а также знания, полученные в курсе «Моделирование химико-технологических процессов».

Студенту следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, подготовку отчетов к лабораторным работам и выполнение домашних заданий, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, оформления отчетов и домашних заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Плане-графике выполнения самостоятельной работы по дисциплине.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы по подготовке отчетов лабораторных работ

Отчет по выполненной лабораторной работе должен содержать следующие части: цель работы, ход работы; таблицу с данными; формулы и расчет (при необходимости); вывод, содержащий результаты эксперимента и сравнительную характеристику полученных данных. При подготовке теоретической части необходимо изучение теоретического материала лекций по теме лабораторной работы.

Оформление отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе относится к категории «*письменная работа*», оформляется *по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ*.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;

- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;

- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все *приложения* включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Рекомендации по оформлению графического материала, полученного с экранов в виде «скриншотов»

Графические копии экрана («скриншоты»), отражающие графики, диаграммы моделей, схемы, экранные формы и т. п. должны отвечать требованиям визуальной наглядности представления иллюстративного материала, как по размерам графических объектов, так и разрешающей способности отображения текстов, цветовому оформлению и другим важным пользовательским параметрам.

Рекомендуется в среде программного приложения настроить «экран» на параметры масштабирования и размещения снимаемых для иллюстрации объектов. При этом необходимо убрать «лишние» окна, команды, выделения объектов и т. п.

В перенесенных в отчет «скриншотах» рекомендуется «срезать» ненужные области, путем редактирования «изображений», а при необходимости отмасштабировать их для заполнения страницы отчета «по ширине».

«Скриншоты» в отчете оформляются как рисунки, с заголовками, помещаемыми ниже области рисунков, а в тексте должны быть ссылки на указанные рисунки.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы по подготовке отчетов к лабораторным работам

Зачтено : работа выполнена, правильно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы.

Не зачтено : работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Требования к самостоятельной работе по подготовке к устному опросу по лабораторным работам

При подготовке к устному опросу по лабораторной работе студент должен самостоятельно найти ответы на ряд вопросов.

Вопросы для подготовки к устному опросу по лабораторной работе

Лабораторная работа №1. Построение аналитическим методом математической модели динамики объекта с сосредоточенными параметрами на примере объекта управления уровнем (гидравлической емкости) и математической модели системы управления уровнем с типовыми законами управления

1. Физический смысл уравнения статики объекта.
2. Физический смысл уравнения динамики объекта.
3. Определение передаточной функции.
4. Способ моделирования переходного процесса

Лабораторная работа №2. Построение линейной модели статики процесса методом планирования эксперимента.

1. Понятие фактора эксперимента.
2. Полный факторный эксперимент и дробные реплики.
3. Формулы для вычисления коэффициентов линейного уравнения регрессии.
4. Формулы перехода от факторов к физическим переменным.

Лабораторная работа №3. Применение методов исследования структуры потоков для оценки параметров ячеечной модели.

1. Исходная информация для определения модели гидродинамики потока.
2. Сущность ячеечной модели и вычисление распределения концентра-

ции трассера.

3. Сущность перехода от экспериментальной кривой распределения концентрации к расчетной кривой.

Лабораторная работа №4. Моделирование температурного профиля в трубчатом теплообменнике при прямотоке и при противотоке.

1. Описание теплопередачи от одной среды к другой.

2. Почему статический режим трубчатого теплообменника описывается дифференциальным уравнением?

3. Какой вид принимает математическая модель трубчатого теплообменника при описании его динамики?

Лабораторная работа № 5. Определение оптимального температурного профиля для реактора идеального вытеснения.

1. Сущность скорости химической реакции.

2. Определение константы скорости химической реакции.

3. Физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Арениуса.

4. Физический смысл энергии активации в уравнении Арениуса.

5. Процедура использования модели идеального смешения при определении температурного профиля реактора идеального вытеснения

Лабораторная работа № 6. Моделирование температурных режимов начала кипения, начала конденсации и эквимолярного деления смеси по моделям Вильсона, НРТЛ и без учёта неидеальности.

1. По какой информации можно определить идеальность (неидеальность) смеси?

2. Выражение константы фазового равновесия для идеальных смесей.

3. Сущность коэффициента активности

4. Существующие модели для вычисления коэффициента активности.

Применимость моделей.

Лабораторная работа № 7. Моделирование состава на ступени массообменного контакта с учётом теплового баланса идеальной смеси.

1. Физический смысл материального баланса для ступени разделения.

2. Физический смысл теплового баланса для ступени разделения.

3. Сущность КПД по Мерффри и их разновидности.

4. Место КПД по Мерффри при определении состава фаз.

Лабораторная работа № 8. Моделирование состава смеси в конденсаторе и в кипятильнике.

1. В чем отличие полного конденсатора от парциального?

2. Есть ли отличия в форме уравнений балансов для ступеней разделения (тарелки) и для конденсатора?

3. Есть ли отличия в форме уравнений балансов для ступеней разделения (тарелки) и для кипятильника?

Лабораторная работа № 9. Моделирование статического режима ректификационной колонны.

1. Способы расчета статического режима ректификационной колонны
2. В чем отличие уравнений материального и теплового баланса для ступени разделения верхней и нижней секции колонны.
3. Требования на завершение расчета статического режима.

Критерии оценки устного опроса при сдаче отчетов лабораторных работ

Зачтено: работа выполнена, правильно и грамотно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы, владение терминологией.

Не зачтено: работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Оценка	Описание схемы оценивания
9-10	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
7-8	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
4-6	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
0-3	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов»
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
профиль «Технологии химических и нефтеперерабатывающих производств»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	Знает	современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Умеет	находить и использовать современные методы и технологии в профессиональной деятельности
	Владеет	навыками поиска, анализа и обучения современным методам и технологиям в профессиональной деятельности
ОПК-5 владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	Знает	основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации
	Умеет	использовать, обрабатывать и хранить информацию для выполнения поставленной задачи
	Владеет	навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ПК-2 готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования	Знает	аналитические и численные методы решения задач, прикладные программные средства деловой сферы деятельности, сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
	Умеет	использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных
	Владеет	навыками применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, навыками находить, изучать и использовать базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химиче-	Знает	методы планирования физических и химических экспериментов, виды погрешностей, методы математического анализа
	Умеет	планировать и проводить физические и химиче-

ские эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования		ские эксперименты, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
	Владеет	навыками обработки результатов физических и химических экспериментов, оценки погрешности, способностью выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Понятия о математическом моделировании химико-технологических процессов	ОК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 1-9 экзамена
			умеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 1 лабораторной работы с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ПК-19	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлен	

				ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 2 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
2	Раздел II. Математическое моделирование структуры потоков	ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	Вопросы 10-15 экзамена
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
		ПК-19	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 3 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
3	Раздел III Математическое моделирование	ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам	Вопросы 16-30 экзамена

	тепловых и химических процессов			(УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 4-5 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)	
		ОК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
		умеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)		
		владеет	Выполнение 6-7 лабораторных работ с предоставлением отчетов (ПР-6)		
		ПК-2	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
умеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлением				

				ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 8 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
		ОПК-5	знает	Защита отчетов по лабораторным работам (УО-1) Тест по модулю (ПР-1)	
			умеет	Выполнение 9 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	
			владеет	Выполнение 9 лабораторной работы с предоставлен ием отчетов (ПР-6)	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	современные методы и технологии в профессиональной деятельности	знает особенности ведущей программных продуктов для проектирования технологических процессов	способность назвать основные преимущества, недостатки, ограничения видов математической моделей (РИС, РИВ, ячеечная), знание основных этапов проектирования технологических операций
	умеет (продвинутый)	находить использовать современные методы и технологии в профессиональной деятельности	умеет выбрать необходимые программные продукты и их компоненты для проектирования отдельных ста-	способен выполнить основные этапы проектирования технологических операций: - задание компонентов и уравнения парожидкостного равновесия - задание и параметризация материальных потоков - задание и параметризация смесителей, теплообменников, абсорбе-

		сти	дий техноло- гического процесса	ров, ректификационных колонн
	владеет (высокий)	навыками поиска, ана- лиза и обу- чения со- временным методам и технологиям в профес- сиональной деятельно- сти	владеет нав- ками само- стоятельного изучения со- проводитель- ной и спра- вочной лите- ратурой к программным продуктам САПР	способен изучать сопроводитель- ную и справочную литературу, в том числе на английском языке, для обучения работы в САПР, способен оценить целесообразность исполь- зование данного инструмента, оце- нить необходимы материальные и временные ресурсы для использо- вания данного инструмента
ОПК-5 владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, пе- реработки информации, навыками ра- боты с ком- пьютером как средством управления информацией	знает (по- роговый уровень)	основные методы, способы и средства по- лучения, хранения, переработки информации	знает особен- ности веду- щих про- граммных продуктов для проектирова- ния технологи- ческих процессов	способность назвать основные пре- имущества, недостатки, ограниче- ния видов математической моделей (РИС, РИВ, ячеечная), знание ос- новных этапов проектирования тех- нологических операций
	умеет (продви- нутый)	использо- вать, обра- батывать и хранить ин- формацию для выпол- нения по- ставленной задачи	умеет выби- рать необхо- димые про- граммные продукты и их компонен- ты для проек- тирования от- дельных ста- дий техноло- гического процесса	способен выполнить основные эта- пы проектирования технологиче- ских операций: - задание компонентов и уравнения парожидкостного равновесия - задание и параметризация матери- альных потоков - задание и параметризация смеси- телей, теплообменников, абсорбе- ров, ректификационных колонн
	владеет (высокий)	навыками работы с компьюте- ром как средством управления информаци- ей	владеет нав- ками само- стоятельного изучения со- проводитель- ной и спра- вочной лите- ратурой к программным продуктам САПР	способен изучать сопроводитель- ную и справочную литературу, в том числе на английском языке, для обучения работы в САПР, способен оценить целесообразность исполь- зование данного инструмента, оце- нить необходимы материальные и временные ресурсы для использо- вания данного инструмента
ПК-2 готовностью применять аналитиче- ские и чис- ленные мето- ды решения	знает (по- роговый уровень)	аналитиче- ские и чис- ленные ме- тоды реше- ния задач, прикладные программ-	знает анали- тические и численные методы реше- ния задач	способен привести классификация основных способов решения экспе- риментальных и теоретических мо- делей, основные этапы решения экспериментальных и теоретиче- ских моделей, описать условия применимости и ограничения для

<p>поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования</p>		<p>ные средства деловой сферы деятельности, сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования</p>		<p>каждого способа</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных</p>	<p>умеет использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных</p>	<p>способен составить линейные и нелинейные математические модели, производить анализ и сравнение с экспериментальными данными, производить оценку адекватности модели по средним значениям откликов модели и системы и по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов систем</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>навыками применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, навыками находить, изучать и ис-</p>	<p>владеет навыками применять аналитические и численные методы решения поставленных задач</p>	<p>способен самостоятельно изучать новые виды математических моделей, выбирать подходящую, грамотно обосновывать выбор, производить сравнение результатов математического и физического эксперимента</p>

		пользовать базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования		
ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает (пороговый уровень)	методы планирования физических и химических экспериментов, виды погрешностей, методы математического анализа	знает планирования физических и химических экспериментов, виды погрешностей, методы математического анализа	способность описать этапы и последовательность планирования экспериментов методами ортогонального и ротатбельного планирования, привести виды погрешностей измерения, способы устранения данных погрешностей
	умеет (продвинутый)	планировать и проводить физические и химические эксперименты, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	умеет выбрать необходимые методики и метод планирования эксперимента с целью минимизации погрешностей	способен выполнить основные этапы проектирования технологических операций: - задание компонентов и уравнения парожидкостного равновесия - задание и параметризация материальных потоков - задание и параметризация смесителей, теплообменников, абсорбторов, ректификационных колонн
	владеет (высокий)	навыками обработки результатов физических и химических экспериментов, оценки погрешности,	владеет навыками математической обработки результатов физических и химических экспериментов с целью	способен произвести расчет коэффициентов уравнения регрессии первого и второго порядка, исключить незначимые коэффициенты, проверить полученное уравнение регрессии на адекватность относительно физической модели

		способностью выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения	получения регрессионного уравнения	
--	--	---	------------------------------------	--

Образец заданий для проверки сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Вопросы	
ОК-5 способностью использовать современные методы и технологии (в том числе информационные) в профессиональной деятельности	К программам высокоточного моделирования химико-технологических систем относятся: 1) Aspen Plus; 2) Aspen HYSYS; 3) Unisim Design; 4) всё вышеперечисленное.	4
	Итерационные вычисления в программе Excel позволяют: 1) использовать циклические ссылки; 2) производить расчет по схеме $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$; 3) реализовать алгоритм метода Ньютона; 4) всё вышеперечисленное.	4
	К параметрам итерационного расчета в программе Excel относятся: 1) предельное число итерация и абсолютная погрешность; 2) предельное число итераций и относительная погрешность; 3) минимальное число итерация и абсолютная погрешность; 4) минимальное число итераций и относительная погрешность.	2
	Расчет минимального или максимального значения функции при заданных диапазонах изменения переменных можно осуществить с помощью: 1) итерационных вычислений в программе Excel; 2) функции ВПР программы Excel; 3) функции «Поиск решения» программы Excel; 4) ничего из вышеперечисленного.	3
	Линейность полученной зависимости выходной переменной от входной можно оценить с помощью: 1) достоверности аппроксимации линейной линии тренда в программе Excel; 2) достоверности аппроксимации полиномиальной линии тренда в программе Excel; 3) среднеквадратичного отклонения значения в программе Excel; 4) ничего из вышеперечисленного.	1

ОПК-5 владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией	Расчет коэффициентов уравнения регрессии с помощью методики полнофакторного эксперимента можно реализовать: 1) в программе Word; 2) в программе Excel; 3) в программе PowerPoint; 4) всё вышеперечисленное.	2
	Решение нелинейных дифференциальных уравнений первого порядка в программе Excel можно реализовать с помощью: 1) аналитического метода решения дифференциальных уравнений; 2) численного метода решения дифференциальных уравнений; 3) метода Лагранжа; 4) всё вышеперечисленное.	2
	Следующие методы решения дифференциальных уравнений возможно реализовать с помощью программы Excel: 1) метод Рунге-Кутты 3-го порядка; 2) метод Рунге-Кутты 4-го порядка; 3) метод Эйлера; 4) всё вышеперечисленное.	4
	Следующие статистические характеристики случайной величины или выборки реализованы в программе Excel в виде готовых функций: 1) дисперсия случайной величины; 2) среднеквадратическое отклонение; 3) среднее значение случайной величины (математической ожидание); 4) всё вышеперечисленное.	3
	Функция «Поиск решения» программы Excel позволяет: 1) находить максимум или минимум функции; 2) находить только максимум функции; 3) находить только минимум функции; 4) ничего из вышеперечисленного.	1
ПК-2 готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием при-	К аналитическим методам решения уравнений относится: 1) метод разделения переменных; 2) метод Рунге-Кутты 4-го порядка; 3) метод Ньютона; 4) всё вышеперечисленное.	1
	К аналитическим методам решения уравнений относится: 1) метод Эйлера; 2) метод Рунге-Кутты 4-го порядка; 3) метод Ньютона; 4) всё вышеперечисленное.	4

<p>кладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования</p>	<p>Следующие пакеты прикладных программ применяются для расчет технологических параметров оборудования:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Aspen Plus; 2) Aspen HYSYS; 3) Unisim Design; 4) всё вышеперечисленное. 	4
	<p>Расчет температуры кипения многокомпонентной смеси на основании давления паров отдельных компонентов (уравнение Антуана $P_i = 10^{A_i - \frac{B_i}{C_i + T}}$) можно осуществить в программе Excel с помощью:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) построения линии тренда; 2) метода Рунге-Кутты 4-го порядка; 3) метод Эйлера; 4) итерационного алгоритма Ньютона. 	4
	<p>При построении линии тренда в программе Excel для выборки из 6-ти точек достоверность аппроксимации равную 1 обеспечит:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) линейная зависимость; 2) полиномиальная зависимость 4-го порядка; 3) полиномиальная зависимость 5-го порядка; 4) экспоненциальная зависимость. 	3
<p>ПК-19 способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>Метод планирования эксперимента относится к методу построения математических моделей статистики:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) пассивного эксперимента; 2) активного эксперимента; 3) аналитическому; 4) экспериментально-аналитическому. 	2
	<p>Метод планирования эксперимента предназначен для:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) проверки адекватности модели статистики объекта; 2) проверки адекватности модели динамики объекта; 3) определения коэффициентов уравнения регрессии и проверки его адекватности; 4) определения коэффициентов уравнения регрессии. 	3
	<p>Коэффициент корреляции характеризует наличие между двумя переменными связи:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) любой; 2) нелинейной; 3) линейной; 4) параболической. 	3

	<p>Статическое состояние объекта моделирования характеризуется:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) стабильностью воздействий; 2) нулевыми значениями скоростей изменения переменных, характеризующих объект моделирования; 3) постоянством конструктивных параметров объекта моделирования; 4) равенством в любой точке объекта моделирования значений переменных, характеризующих состояние объект моделирования. 	2
	<p>Критерий адекватности математической модели оценивает близость:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) входных и выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели; 2) выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели при одних и тех же значениях входных переменных; 3) параметров объекта и математической модели; 4) выходных переменных на исследуемом объекте и на математической модели при одних и тех же значениях входных переменных и параметров объекта и математической модели. 	4

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Моделирование химико-технологических процессов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Формой проведения промежуточной аттестации является экзамен.

Оценка сформированных компетенций осуществляется при выполнении лабораторных работ, при сдаче теоретической части дисциплины (промежуточные тесты, устные опросы). К экзамену допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы, сдавшие все отчеты и теоретический материал по теме лабораторных работ.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

1 Вопросы к экзамену

1. Методы составления математических моделей х.т.п. Сущность этих методов. Область применения.

2. Виды мат. моделей по состоянию объекта моделирования. Мат. форма этих моделей
3. Требования, предъявляемые к точности мат. моделей. Оценка точности мат. моделей в мат. форме.
4. Основные переменные, характеризующие объекты мат. моделирования. Формы мат. связи между ними.
5. Сущность мат. моделей типа «вход-выход» и в переменных состояниях.
6. Состав мат. модели для моделирования объектов с сосредоточенными параметрами и с распределенными параметрами. Пример.
7. Сущность блочного принципа построения мат. модели х.т.п. Содержание блоков.
8. Основные этапы построения мат. модели х.т.п.
9. Сущность изоморфности мат. моделей. Примеры
10. Особенности мат. моделей х.т.п.
11. Последовательность построения математической модели статики объекта с одной входной и одной выходной переменной методом активного эксперимента. Выбор вида функции, связывающей выходящую и входящую переменные и способы определения ее коэффициентов (параметров).
12. Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.
13. Сущность метода планирования эксперимента. Область его применения. Кодирование переменных. Состав полного факторного эксперимента. Свойства матрицы планирования.
14. Сущность дробных реплик. Их назначение. Формирование дробных реплик.
15. Определение коэффициентов линейной модели для объекта с одной выходной и несколькими входными переменными.
16. Оценка значимости коэффициентов и оценка адекватности линейной модели.
17. Содержание экспериментального метода построения математической модели динамики объекта.
18. Выбор вида математической модели статики объекта (уравнение регрессии) при использовании пассивного эксперимента.
19. Определение коэффициентов уравнение регрессии при использовании пассивного эксперимента.
20. Проверка значимости коэффициентов уравнении регрессии. Проверка адекватности уравнения регрессии.

21. Сущность влияния структуры потоков в технологическом аппарате на результат его функционирования. Типовые математические модели структуры потоков. Их особенности.

22. Условие применения модели идеального смешения (перемешивания). Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

23. Условие применения модели идеального вытеснения. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

24. Условие применения ячеечной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора.

25. Условие применения диффузионной модели. Вывод модели. Ее применение для химического реактора и для теплообменника.

26. Сущность комбинированных моделей структуры потоков. Условие их применения.

27. Последовательность обработки импульсного возмущения с целью определения параметров гидродинамической модели.

28. Математическая модель теплообменника с сосредоточенными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с сосредоточенными параметрами.

29. Математическая модель теплообменника с распределёнными параметрами. Уравнение статики. Уравнение динамики. Передаточная функция теплообменника с распределёнными параметрами

30. Алгоритм расчета теплообменника по схеме смешение – вытеснение.

31. Основные составляющие равновесия для системы: пар-жидкость, газ – жидкость, жидкость– жидкость.

32. Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

33. Учет неидеальности при расчете парожидкостного равновесия для процесса ректификации.

34. Математическая модель статики простой ректификационной колонны, включая куб и дефлегматор.

35. Поверочный расчет простой ректификационной колонны.

36. Математическая модель динамики простой ректификационной колонны. Методы расчета динамики простой ректификационной колонны.

37. Математическая модель статики абсорбера. Алгоритм поверочного расчета абсорбера.

38. Математическая модель экстрактора. Алгоритм поверочного расчета экстрактора.

Критерии оценки к экзамену

Отметка "Отлично"

1. Дан полный и правильный ответ на основе самостоятельно изученного материала и проведенных ранее лабораторных и практических работ.
2. Материал понят и изучен.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

Отметка "Хорошо"

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
5. Допущены 2-3 незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя, наблюдалась "шероховатость" в изложении материала.

Отметка "Удовлетворительно"

1. Учебный материал, в основном, изложен полно, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.
2. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, построен несвязно.

Отметка "Неудовлетворительно"

1. Незнание или непонимание большей или наиболее существенной части учебного материала.
2. Допущены существенные ошибки, которые не исправляются после уточняющих вопросов, материал изложен несвязно.

2 Пример экзаменационного билета

Билет №1

Задание 1

Требования, предъявляемые к точности математических моделей. Оценка точности математических моделей в математической форме.

Задание 2

Сущность метода сглаживания статической характеристики скользящим средним. Область его применения.

Задание 3

Форма описания парожидкостного равновесия для процесса ректификации, равновесие газ – жидкость для процесса абсорбции, жидкость – жидкость для процесса экстракции.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется преподавателем.

Оценочные средства для текущей аттестации

1. Устный опрос по темам лабораторных работ

Устный опрос (собеседование) проводится по теории, вынесенной на самостоятельное изучение в соответствии с темой лабораторной работы.

Критерии оценки устного опроса при сдаче отчетов лабораторных работ

Зачтено: работа выполнена, правильно и грамотно оформлен отчет по лабораторной работе, законченные правильно выполненные расчеты, правильные ответы на теоретические вопросы по теме работы, владение терминологией.

Не зачтено: работа выполнена, в отчете ошибки по оформлению, выполненные расчеты содержат ошибки, ответы на теоретические вопросы по теме работы отсутствуют или не полные.

Оценка	Описание схемы оценивания
9-10	Демонстрирует полное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
7-8	Демонстрирует значительное понимание проблемы. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
4-6	Демонстрирует частичное понимание проблемы. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
0-3	Демонстрирует непонимание проблемы. Нет ответа. Не было попытки решить задачу.

2. Типовые тестовые задания

Пример тестового задания

1. Модель есть объект - заменитель объекта оригинала, который
 - 1)отражает его основные свойства.
 - 2)полностью отражает его свойства.
 - 3)имеет те же входные и выходные переменные, что и объект оригинал.
 - 4)воспроизводит такой же вид зависимостей между переменными, что и объект оригинал.

2. Входные переменные есть переменные, которые являются
 - 1)внешними воздействиями.
 - 2)управляющими воздействиями.
 - 3)возмущающими воздействиями.
 - 4)преобразованными воздействиями внешней среды.

3. Объект управления есть объект
 - 1)в котором протекает управляемый процесс.
 - 2)который воспринимает воздействия возмущений и управлений.
 - 3)который формирует переменные состояния.
 - 4)который формирует выходные переменные.

Критерии оценки тестирования

Оценивание проводится по двадцатибалльной шкале.

Отметка "Отлично"

По результатам работы набрано 20-18 баллов.

Отметка "Хорошо"

По результатам работы набрано 17-15 баллов.

Отметка "Удовлетворительно"

По результатам работы набрано 15-11 баллов.

Отметка "Неудовлетворительно"

По результатам работы набрано менее 11 баллов.