

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Моделирование технологических процессов и систем

**Код модуля**  
1157948

**Модуль**  
Основы проектирования химико-технологических  
установок

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Морданов Сергей Вячеславович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	машин и аппаратов химических производств

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- **Морданов Сергей Вячеславович, Доцент, машин и аппаратов химических производств**

### 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Моделирование технологических процессов и систем**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	5	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1

### 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Моделирование технологических процессов и систем**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2 -Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	Д-1 - Способность к самообразованию, к самостоятельному освоению новых методов математического анализа и моделирования З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности З-2 - Перечислить и дать краткую характеристику освоенным за время обучения пакетам прикладных программ, используемых для	Контрольная работа Экзамен

	<p>моделирования при решении задач в области профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Выбирать пакеты прикладных программ для использования их в моделировании при решении поставленных задач в области профессиональной деятельности</p>	
<p>ПК-1 -Способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты</p>	<p>З-1 - Классифицировать методы планирования и проведения экспериментов и наблюдений</p> <p>З-2 - Изложить методы обработки экспериментальных данных и обобщения результатов экспериментальных исследований и наблюдений</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт проведение экспериментов (в том числе и многофакторных) согласно методике и плану экспериментальных исследований</p> <p>П-2 - Иметь практический опыт обработки результатов экспериментальных измерений, в том числе, с применением современных информационных технологий и технических средств</p> <p>П-3 - Оформлять отчеты (разделов отчетов) по результатам проведенных экспериментов</p>	<p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	<p>У-1 - Планировать порядок проведения экспериментальных исследований, применять методы планирования и проведения экспериментальных исследований и наблюдений</p> <p>У-2 - Выполнять обработку и анализ экспериментальных данных с оценкой уровня случайных и систематических погрешностей</p> <p>У-3 - Подготавливать предложения по снижению и компенсации уровня случайных и систематических погрешностей</p>	
<p>ПК-2 -Способность моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности</p>	<p>З-1 - Определять подходы к построению математических моделей химико-технологических систем</p> <p>П-1 - Разрабатывать рекомендации по проведению вычислительных экспериментов с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов, протекающих в химико-технологических системах</p> <p>У-1 - Использовать современные методы теоретических исследований в научной и инженерной деятельности</p> <p>У-2 - Разрабатывать модели наблюдаемого явления с оценкой адекватности модели</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
<p>ПК-3 -Способность курировать изготовление, монтаж и наладку опытных установок и стендов</p>	<p>З-1 - Перечислить этапы выполнения опытно-конструкторских и опытно-технологических работ</p> <p>З-2 - Перечислить стадии разработки технической документации, требования и объем выполняемых работ по изготовлению, монтажу и наладке опытных установок и стендов</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованный анализ</p>	<p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	<p>технологических и экономических показателей работы оборудования и принятие решений при наличии альтернативных вариантов исполнения технического объекта</p> <p>У-1 - Разрабатывать технику и методику экспериментальных исследований</p> <p>У-2 - Разрабатывать техническую документацию по изготовлению, монтажу и наладке опытных установок и стендов</p>	
<p>ПК-4 -Способность использовать общепринятые методики исследований процессов химической технологии</p>	<p>З-1 - Изложить основы теории и методы расчета процессов в химических реакторах, методологии системного анализа в процессах химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях</p> <p>З-2 - Интерпретировать основные понятия и принципы системного анализа, методы расчета сложных химико-технологических систем</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованные сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний</p> <p>П-2 - Подготовить предложения для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов</p> <p>У-1 - Производить обоснованный выбор направлений научных исследований, формировать этапы научно-исследовательской работы</p> <p>У-2 - Осуществлять планирования, организацию и проведения исследований и разработок с использованием</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	общепринятых методов и средств	
ПК-16 -Способность подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов	<p>З-1 - Изложить методы определения основных технико-экономических показателей и перспективы технико-экономического развития производства</p> <p>П-1 - Осуществлять обоснованные сбор, обработку и анализ научно-технической информации и передового отечественного и международного опыта в сфере химических технологии, нефтехимии, биотехнологии и смежных отраслей</p> <p>П-2 - Разрабатывать рекомендации и предложения для составления планов и методических программ исследований и разработок, практические рекомендации по исполнению их результатов</p> <p>У-1 - Проводить технико-экономический анализ работы технологических объектов производства</p> <p>У-2 - Применять методы анализа научно-технической информации</p>	<p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.6</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>работа на лекционных занятиях</i>	8,8	50
<i>контрольная работа</i>	8,8	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		

<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>работа на практических занятиях</i>	8,8	50
<i>домашняя работа</i>	8,8	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ



4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

**Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)

2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Моделирование работы химического реактора. Частные химико-кинетическая модель, гидродинамическая модель, тепловая модель, модель массопереноса на границе раздела фаз. Общая модель реактора
2. Моделирование нестационарного теплообмена
3. Моделирование работы ректификационной колонны
4. Моделирование нестационарных и периодических явлений
5. Построение стохастических математических моделей. Статистическая обработка результатов измерений и отбраковка промахов
6. Построение частной стохастической модели, определяющей теплофизические свойства воды и водяного пара на линии насыщения
7. Стохастические модели вспомогательного производственного оборудования
8. Доверительные интервалы измерения. Расчет погрешностей измерения
9. Планирование полного факторного эксперимента. Матрицы планирования первого порядка
10. Планирование полного факторного эксперимента. Матрицы планирования второго порядка
11. Проверка адекватности стохастической модели, описывающей свойства воды и водяного пара на линии насыщения, методом близости значений
12. Проверка адекватности стохастической модели, описывающей свойства воды и водяного пара на линии насыщения, объективными методами

13. Проверка адекватности известных инженерных методик расчета вспомогательного производственного оборудования

LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Составление частной химико-кинетической модели и разностной схемы расчета процесса горения метана в условиях избытка кислорода
2. Составление частной теплообменной модели и разностной схемы расчета стационарного теплообмена при известной поверхности теплопередачи и неизвестной конечной температуре одного из теплоносителей
3. Составление частной теплообменной модели и разностной схемы расчета нестационарного теплообмена при известных конечной температурах теплоносителей и неизвестном времени охлаждения (нагрева)
4. Моделирование работы центробежного насоса при изменении характеристики сети
5. Моделирование диффузионного массопереноса на границе газ-жидкость
6. Моделирование самоточного истечения жидкости из бака-сборника при непостоянном уровне жидкости в баке-сборнике

Примерные задания

Время перемешивания исходных компонент раствора в емкости объемом 10 м<sup>3</sup> определяется путем отбора проб из десяти контрольных точек и определения средней концентрации контрольного компонента в емкости с помощью экспресс-анализа уровня рН раствора. Перемешивание в емкости осуществляется с помощью струйного перемешивания затопленным соплом. По заданным результатам измерений, зная количество параллельных измерений и основные характеристики измерительных приборов, построить регрессионную модель процесса перемешивания в емкости.

По данным Н.Б. Варгафтика разработать регрессионные модели, описывающие теплофизические свойства воды и водяного пара на линии насыщения с заданной точностью. Выполнить проверку адекватности разработанных моделей субъективными и объективными методами.

Определить погрешность измерений плотности раствора при прямых измерениях ареометром и косвенных измерениях с помощью весов и мерников при известной инструментальной ошибке приборов, количестве параллельных измерений и известных результатах измерений.

Выполнить моделирование изменения режима работы насоса при его известной характеристике для различных запорно-регулирующих устройств при известной конфигурации сети.

Выполнить объективную и субъективную оценку адекватности известной регрессионной модели, определяющей зависимость значений числа Эйлера от значений

чисел Рейнольдса для лопастной мешалки по известным экспериментальным данным, полученным в ряде независимых исследований.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Задача оптимизации (поиска оптимальных условий). Поиск экстремума методом Гауса-Зейделя

2. Численное интегрирование. Метод прямоугольников

3. Численное интегрирование. Метод трапеций

4. Численное интегрирование. Метод Симпсона

5. Интерполяция дискретных (табличных) функций. Полином Лагранжа

6. Интерполяция дискретных (табличных) функций. Полином Ньютона

7. Интерполяция дискретных (табличных) функций. Билинейная интерполяция

8. Интерполяция дискретных (табличных) функций. Бикубическая интерполяция

Примерные задания

На основе основных уравнений теплового и материального баланса сформулировать упрощенную математическую модель движения тепловых и материальных потоков в теплогенераторе и барабане барабанной сушилки в процессе сушки хлорида калия заданной начальной влажности до заданной конечной влажности. Расчет параметры модели привести к 1 тонне исходного (влажного) хлорида калия или к 1 тонне высушенного продукта. Предусмотреть в модели возможность варьирования начальной и конечной температур продукта и сушильного агента. Начальную температуру сушильного агента принять в диапазоне 350÷650 °С. В качестве топлива принять природный газ с заданной теплотой сгорания (ориентировочно, 30÷35 МДж/м<sup>3</sup>). Массовую долю примесей хлорида натрия в продукте принять в заданном диапазоне (например, 0÷5 % масс.).

На основе базовых уравнений сохранения, заданных уравнений основной и побочных реакций и модельных уравнений Хигби для расчета коэффициента теплоотдачи от поверхности капли (пузырька) сформулировать упрощенную математическую модель процесса окисления антраценового масла кислородом воздуха в барботажном реакторе масштабе газового пузырька, окруженного жидкой фазой усредненного химического состава. Барботажный воздух и смесь газообразных продуктов реакции считать идеальными газами.

На основе базовых моделей сохранения, уравнения состояния идеального газа, уравнения Бернулли и заданного коэффициента гидравлического сопротивления аварийного сбросного клапана сформулировать упрощенную математическую модель изменения давления в реакторе. Рассмотреть работу аппарата в аварийном режиме работы при повышении давления вследствие вскипания реакционной смеси и при последующем снижении давления до расчетного заданного в результате работы аварийного клапана.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Понятие модели. Основные свойства моделей.
  2. Необходимая полнота модели.
  3. Цели моделирования.
  4. Требования, выдвигаемые к моделям и к математическим моделям в частности.
  5. Детерминированные и формальные математические модели, их свойства. Примеры детерминированных и формальных моделей.
  6. Математическое моделирование. Преимущества и недостатки метода математического моделирования в сравнении с методом натурального эксперимента.
  7. Основные этапы математического моделирования.
  8. Химико-технологическая система как объект математического моделирования.
  9. Полная модель и частные модели химико-технологической системы.
  10. Частная химико-кинетическая модель.
  11. Частные идеальные гидродинамические модели. Функции отклика идеальных гидродинамических моделей на возмущения.
  12. Комбинирование идеальных гидродинамических моделей. Ячеечная модель.
  13. Моделирование процессов тепломассопереноса.
  14. Основные балансовые уравнения и основные уравнения сохранения, применяемые при моделировании химико-технологических систем.
  15. Основы метода конечных разностей. Дифференциальные уравнения и разностные схемы.
  16. Метод Рунге-Кутты первого порядка (метод Эйлера) на примере частной химико-кинетической модели.
  17. Регрессионные математические модели. Регрессия. Активный и пассивный эксперимент.
  18. Полный факторный эксперимент. Основы планирования эксперимента.
  19. Методы проверки адекватности математических моделей.
  20. Задача оптимизации (поиска оптимальных условий). Поиск экстремума методом Гауса-Зейделя.
  21. Численное интегрирование. Метод прямоугольников. Метод трапеций. Метод Симпсона.
  22. Интерполяция дискретных (табличных) функций. Полином Лагранжа. Полином Ньютона. Билинейная интерполяция.
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональн	ПК-2	3-1	Домашняя работа Контрольная работа Практические/семинарские занятия

		ой деятельности Технология самостоятельной работы			
--	--	--	--	--	--