

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.

« 25 » \_\_\_\_\_ 05 2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Математическое моделирование**

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов**

**современной энергетики**

специализация

**"Технология теплоносителей и радиоз экология ядерных  
энергетических установок"**

Квалификация выпускника

**Инженер**

Разработчик \_\_\_\_\_ 25.05.2023 Горбунова Е.М.  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой неорганической химии и химической технологии  
(наименование кафедры, являющейся ответственной за данное направление подготовки, профиль)

\_\_\_\_\_ 25.05.2023 Нифталиев С.И.  
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

*26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: химической технологии материалов ядерного топливного цикла; химической технологии разделения и применения изотопов; химической технологии теплоносителей и радиозкологии ядерных энергетических установок; радиационной химии и радиационного материаловедения; ядерной и радиационной безопасности на объектах использования ядерной энергии; химической технологии наноматериалов в области ядерной энергетики; химической технологии редких и редкоземельных металлов, химической технологии радиофармпрепаратов).*

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа: *научно-исследовательский; технологический.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-4	Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели	ИД2 <sub>ОПК-4</sub> –Использует методы математического моделирования для отдельных стадий и всего технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 <sub>ОПК-4</sub> –Использует методы математического моделирования для отдельных стадий и всего технологического процесса	Знает: понятия, концепции, принципы и методы системного анализа, обеспечения и совершенствования безопасности процессов и систем производственного назначения
	Умеет: пользоваться современными математическими и машинными методами моделирование, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования
	Владеет: навыками создания и анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к блоку 1 ОП и ее части: вариативной обязательной.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академич. часов	Семестр
		6
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>73,9</b>	<b>73,9</b>
Лекции	36	36
Практические работы	36	36
Консультации текущие	0,05*36=1,8	1,8
Зачет	0,1	0,1
<b>Вид аттестации (зачет)</b>		
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>106,1</b>	<b>106,1</b>
Подготовка к собеседованию по практическим работам в т.ч. к тестовым заданиям:	45	45
- проработка конспектов лекций;	45	45
- проработка материалов по учебникам		
Подготовка к решению кейс-задания	16,1	16,1

**5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
1.	Методология моделирования технологических объектов	Понятие модели и ее преимущества. Познавательные и прагматические модели. Статические и динамические модели. Способы построения моделей: абстрактные и материальные модели. Роль языков и их иерархичность. Материальные модели и виды подобия. Классификация абстрактных моделей. Цели математического моделирования. Роль компьютеров в математическом моделировании. Некоторые приемы программирования. Основные технологии вычислительных экспериментов	41,3
2.	Системный подход и системные модели	Модели систем. Модели черного ящика, состава и структуры. Структурная схема как соединение моделей. Статические и динамические модели систем. Принцип причинности в моделях динамических систем	45,6
3	Аналитическое моделирование технологических процессов	Познавательные модели. Аналитическое моделирование. Типовые модели технологических аппаратов: двухполюсные, смесительные, разделительные, сложные. Виды моделей двухполюсных аппаратов: модели идеального смешения и вытеснения; диффузионные модели; ячеечные модели. Смесительные, разделительные и сложные модели. Моделирование теплообменников.	45,6

		Моделирование процессов конденсации и испарения. (моделирование процессов абсорбции, экстракции и ректификации)..	
4	Экспериментальное направление в моделировании	Прагматические модели – экспериментальное направление в моделировании. Общий подход к построению моделей экспериментальным методом. Пассивные методы определения коэффициентов статических моделей в задачах параметрической идентификации. Оценка адекватности моделей по критериям Фишера. МНК для линейных и нелинейных статистических моделей. Общий подход решения задач структурно-параметрической идентификации на основе методов параметрической идентификации.	45,6
	Консультации текущие		1,8
	Зачет		0,1

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ (или С), час	ЛР, час	СРО, час
1	Методология моделирования технологических объектов	6	6		17,3
2	Системный подход и системные модели	10	10		29,6
3	Аналитическое моделирование технологических процессов	10	10		29,6
4	Экспериментальное направление в моделировании	10	10		29,6

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1.	Методология моделирования технологических объектов	Понятие модели и ее преимущества. Познавательные и прагматические модели. Статические и динамические модели. Способы построения моделей: абстрактные и материальные модели. Роль языков и их иерархичность. Материальные модели и виды подобия. Классификация абстрактных моделей. Цели математического моделирования. Роль компьютеров в математическом моделировании. Некоторые приемы программирования. Основные технологии вычислительных экспериментов	6
2.	Системный подход и системные модели	Модели систем. Модели черного ящика, состава и структуры. Структурная схема как соединение моделей. Статические и динамические модели систем. Принцип причинности в моделях динамических систем	10
3.	Аналитическое моделирование технологических процессов	Познавательные модели. Аналитическое моделирование. Типовые модели технологических аппаратов: двухполюсные, смесительные, разделительные, сложные. Виды моделей двухполюсных аппаратов: модели идеального смешения и вытеснения; диффузионные модели; ячеечные модели. Смесительные, разделительные и сложные модели. Моделирование теплообменников. Моделирование процессов конденсации и испарения. (моделирование процессов абсорбции, экстракции и ректификации)..	10
4.	Экспериментальное направление в моделировании	Прагматические модели – экспериментальное направление в моделировании. Общий подход к построению моделей	10

	моделировании	экспериментальным методом. Пассивные методы определения коэффициентов статических моделей в задачах параметрической идентификации. Оценка адекватности моделей по критериям Фишера. МНК для линейных и нелинейных статистических моделей. Общий подход решения задач структурно-параметрической идентификации на основе методов параметрической идентификации.	
	Консультации текущие	1,5	
	Зачет	0,1	

### 5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, час
1	Методология моделирования технологических объектов	Познавательные и прагматические модели. Статические и динамические модели. Способы построения моделей: абстрактные и материальные модели. Основные технологии вычислительных экспериментов	6
2	Системный подход и системные модели	Модели систем. Модели черного ящика, состава и структуры. Структурная схема как соединение моделей. Статические и динамические модели систем. Принцип причинности в моделях динамических систем	10
3	Аналитическое моделирование технологических процессов	Познавательные модели. Аналитическое моделирование. Типовые модели технологических аппаратов: двухполюсные, смесительные, разделительные, сложные. Виды моделей двухполюсных аппаратов: модели идеального смешения и вытеснения; диффузионные модели; ячеечные модели. Смесительные, разделительные и сложные модели. Моделирование теплообменников. Моделирование процессов конденсации и испарения. (моделирование процессов абсорбции, экстракции и ректификации). Использование при моделировании интегрального преобразования Лапласа и его свойства и возможности. Связь между оригиналами и изображениями. Решение дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений. Интеграл Дюамеля и решение интегральных уравнений.	10
4	Экспериментальное направление в моделировании	Общий подход к построению моделей экспериментальным методом. МНК для линейных и нелинейных статистических моделей. Общий подход решения задач структурно-параметрической идентификации на основе методов параметрической идентификации. Принцип эквивалентности дискретных моделей, основанный на вариации шага дискретизации. Метод В.Висковатова и его модификация. Расчет динамических характеристик и оценка времени	10

		запаздывания. Зависимость дискретной математической модели от вида входного сигнала.	
	Консультации текущие		1,8
	Зачет		0,1

### 5.2.3 Лабораторный практикум не предусмотрен

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Методология моделирования технологических объектов	Подготовка к собеседованию по практическим работам в т.ч. к тестовым заданиям Подготовка к решению кейс-задания	15 2,3
2	Системный подход и системные модели	Подготовка к собеседованию по практическим работам в т.ч. к тестовым заданиям Подготовка к решению кейс-задания	25 4,6
3	Аналитическое моделирование технологических процессов	Подготовка к собеседованию по практическим работам в т.ч. к тестовым заданиям Подготовка к решению кейс-задания	25 4,6
4	Экспериментальное направление в моделировании	Подготовка к собеседованию по практическим работам в т.ч. к тестовым заданиям Подготовка к решению кейс-задания	25 4,6

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература

1. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1533-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168613>

2. Прокофьев, В. Ю. Моделирование химико-технологических процессов в производстве неорганических веществ : учебное пособие / В. Ю. Прокофьев, А. В. Кунин, Н. Е. Гордина. — Иваново: ИГХТУ, 2019. — 127 с. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171817>

### 6.2 Дополнительная литература

1. Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad [Текст] : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 09.03.01 (гриф УМО) / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. - М. : Кноркс : Инфра-М, 2016. - 208 с.

2. Mathcad [Текст] Е.Г. Макаров: учебный курс. - СПб. : Питер, 2011. - 400 с.

3. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов". [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 176 с. <http://e.lanbook.com/book/37356>

3. Самойлов, Н.А. Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов". [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2013. — 176 с. <http://e.lanbook.com/book/37356>

### 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Кравцова, М. В. Моделирование технических и природных систем : учебно-методическое пособие / М. В. Кравцова. — Тольятти : ТГУ, 2019. — 271 с. — ISBN 978-5-8259-1410-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139925>

2. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения лабораторных работ. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ

<http://education.vsu.ru/course/view.php?id=859>.

### 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsu.ru/megapro/web">http://biblos.vsu.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="https://education.vsu.ru/">https://education.vsu.ru/</a>

### 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение – н-р, ОС Windows, ОС ALT Linux.

### 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Необходимый для реализации образовательной программы перечень материально-технического обеспечения включает:

- лекционные аудитории (оборудованные видеопроjectionным оборудованием для презентаций; средствами звуковоспроизведения; экраном; имеющие выход в Интернет);
- помещения для проведения семинарских, лабораторных и практических занятий (оборудованные учебной мебелью);
- библиотеку (имеющую рабочие места для студентов, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и Интернет);
- компьютерные классы.

Обеспеченность процесса обучения техническими средствами полностью соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки. Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена во внутренней сети по адресу <http://education.vsu.ru>.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа

<p>Учебная аудитория №37 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса на 150 мест          Проектор Epson EB-955WH белый          Микшерный пульт с USB-интерфейсом BehringerXenyx X1204USB          Активная акустическая система Behringer B112D Eurolive          Акустическая стойка Tempo SPS-280          Комплект из 3 микрофонов в кейсе Behringer XM1800S Ultravoice          Микрофонная стойка Proel RSM180          15.6" НоутбукAcerExtensaEX2520G-51P0 черный          Веб-камераLogitechConferenceCamBCC950 (USB)          Экранэлектроприводом CLASSIC SOLUTION Classic Lyra (16:9) 308x220</p>	<p>Microsoft Open License          Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г.  <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008  <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>AdobeReaderXI(бесплатноеПО)  <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
---	--	--

Для проведения практических, лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в распоряжении кафедры имеется:

<p>Учебная аудитория № 020 для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса          Экран проекционный          Мультимедийный проектор BenQMW 519          Ноутбук IntelCore 2–1 шт.          Плакаты, наглядные пособия, схемы.          Рабочие места по количеству обучающихся.          Рабочее место преподавателя.</p>	<p>Microsoft Open License          Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#47881748 от 24.12.2010г.  <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>Microsoft Open License          Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008<a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a></p> <p>AdobeReaderXI (бесплатное ПО)  <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a></p>
<p>Учебная аудитория № 025 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса          Печь муфельная ЭКПС 10-1шт          Плакаты, наглядные пособия, схемы.          Рабочие места по количеству обучающихся.          Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>
<p>Учебная аудитория № 027 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной</p>	<p>Комплект мебели для учебного процесса          Шкаф сушильный ШС-80-01-1 шт          Плакаты, наглядные пособия, схемы.          Рабочие места по количеству обучающихся.          Рабочее место преподавателя</p>	<p>ПО нет</p>

аттестации.		
Учебная аудитория № 029 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Шкаф сушильный тип. 23 151- 1шт, Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 016 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Магнитная мешалка типа ММ-4- 1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет
Учебная аудитория № 022 для проведения лабораторных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Комплект мебели для учебного процесса Акводистиллятор ДЭ-15-1 шт, Термостат электрический суховоздушный охлаждающий ТСО-1/80-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет

#### Аудитория для самостоятельной работы студентов

Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 033.	Комплект мебели для учебного процесса Кондуктометр DDS-11C (COND-51) – 1 шт., Весы НСВ 123 – 1 шт., Весы ВК-300.1 – 1 шт., Весы аналитические HR-250 AZG Водонепроницаемый стандартный погружной/проникающий зонд тип TD=5 – 2 шт., Компьютер CeleronD320-1шт, Высокотемпературный измерительный прибор с памятью данных Testo 735-2 – 1 шт., Ионномер И-160МИ 0-14рН(рХ) – 1 шт., Источник питания постоянного тока АК ИП Б5.30/10 – 1 шт., Спектрофотометр ПЭ-5300 В– 1 шт., Компьютер IntelCore 2DuoE7300-1 шт., Микроскоп Ievenhuk – 1 шт; Сосуд криобилолгический (Дьюра) X-40-СКП; Прибор рН-метр РНер-4 – 1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  AdobeReaderXI (бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
---	--	--

Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 39.	Комплект мебели для учебного процесса Компьютер CeleronD 2.8 -3 шт. Персональный компьютер IntelCore 2 –1 шт. Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  AdobeReaderXI (бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
Кабинет для самостоятельной работы обучающихся № 024.	Комплект мебели для учебного процесса, Микроколориметр МИД-200-1 шт Плакаты, наглядные пособия, схемы. Рабочие места по количеству обучающихся. Рабочее место преподавателя	ПО нет

Дополнительно, самостоятельная работа обучающихся, может осуществляться при использовании:

Читальные залы библиотеки.	Компьютеры со свободным доступом в сеть Интернет и Электронными библиотечными и информационно справочными системами.	Microsoft Office Professional Plus 2010 Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от17.05.2011 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2007 Standart, Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Windows XP, Microsoft Open License Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a> .  AdobeReader XI, (бесплатноеПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/odfreader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/odfreader/volume-distribution.html</a>
----------------------------	--	--

Помещение для хранения реактивов, химической посуды и обслуживания лабораторных занятий

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования <b>№ 031</b>	Ноутбук LenovoG575 – 1шт, Ph-метр PH-150 МИ – 1 шт, Холодильник NORD- 1 шт, Ксерокс XeroxWorkCentre 3119- 1шт.	Microsoft Open License Microsoft WindowsXP Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  Microsoft Office 2010 Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #47881748 от 24.12.2010 г. <a href="http://eopen.microsoft.com">http://eopen.microsoft.com</a>  AdobeReaderXI (бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
---	---	--

### **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Оценочные материалы** (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом **ивходят в состав рабочей программы дисциплины (модуля).**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

**АННОТАЦИЯ  
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Математическое моделирование»**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<b>№ п/п</b>	<b>Код компетенции</b>	<b>Формулировка компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
1	ОПК-4	Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели	ИД2 <sub>ОПК-4</sub> Использует методы математического моделирования для отдельных стадий и всего технологического процесса

**Содержание разделов дисциплины.** Понятие модели и ее преимущества. Познавательные и прагматические модели. Статические и динамические модели. Способы построения моделей: абстрактные и материальные модели. Роль языков и их иерархичность. Материальные модели и виды подобия. Классификация абстрактных моделей. Цели математического моделирования. Роль компьютеров в математическом моделировании. Некоторые приемы программирования. Основные технологии вычислительных экспериментов. Модели систем. Модели черного ящика, состава и структуры. Структурная схема как соединение моделей. Статические и динамические модели систем. Принцип причинности в моделях динамических систем. Познавательные модели. Аналитическое моделирование. Типовые модели технологических аппаратов: двухполюсные, смесительные, разделительные, сложные. Виды моделей двухполюсных аппаратов: модели идеального смешения и вытеснения; диффузионные модели; ячеечные модели. Смесительные, разделительные и сложные модели. Моделирование теплообменников. Моделирование процессов конденсации и испарения. (моделирование процессов абсорбции, экстракции и ректификации). Прагматические модели – экспериментальное направление в моделировании. Общий подход к построению моделей экспериментальным методом. Пассивные методы определения коэффициентов статических моделей в задачах параметрической идентификации. Оценка адекватности моделей по критериям Фишера. МНК для линейных и нелинейных статистических моделей. Общий подход решения задач структурно-параметрической идентификации на основе методов параметрической идентификации.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Математическое моделирование

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-4	Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели	ИД2 <sub>ОПК-4</sub> –Использует методы математического моделирования для отдельных стадий и всего технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 <sub>ОПК-4</sub> –Использует методы математического моделирования для отдельных стадий и всего технологического процесса	Знает: понятия, концепции, принципы и методы системного анализа, обеспечения и совершенствования безопасности процессов и систем производственного назначения
	Умеет: пользоваться современными математическими и машинными методами моделирование, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования
	Владеет: навыками создания и анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов

## 2. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Технология оценки (способ контроля)		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1.	Методология моделирования технологических объектов		Тест	34-52	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование	1-30	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	31-33	Проверка преподавателем
2.	Системный подход и системные модели		Тест	34-52	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование	1-30	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	31-33	Проверка преподавателем
3.	Аналитическое моделирование технологических процессов		Тест	34-52	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование	1-30	Контроль

			ание		преподавателем
			Кейс-задача	31-33	Проверка преподавателем
4.	Экспериментальное направление в моделировании		Тест	34-52	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование	1-30	Контроль преподавателем
			Кейс-задача	31-33	Проверка преподавателем

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (6 семестр - зачет)

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной**

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета – 6 сем).

Каждый вариант теста включает 10 контрольных заданий, из них:

- 5 контрольных заданий на проверку знаний;
- 4 контрольных заданий на проверку умений;
- 1 контрольное задание на проверку навыков.

**3.1 Вопросы к собеседованию** (текущие опросы к практическим работам, зачету)

**3.1.1 Шифр и наименование компетенции** **ОПК-4** - Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели

№ задания	Формулировка задания
1.	Моделирование, система, подсистема – определение и примеры
2.	Внешние связи системы
3.	Классификация входов системы
4.	Охарактеризуйте два подхода к описанию систем
5.	Случайные события и случайные величины - определение и примеры
6.	Нормальные случайные величины
7.	Числовые характеристики случайной величины
8.	Основные свойства математического ожидания и дисперсии
9.	Зависимые и независимые случайные события и величины
10.	Рандомизация. Корреляция.
11.	Генеральная совокупность и выборка
12.	Проверка статистических гипотез
13.	Сравнение дисперсий
14.	Сравнение средних
15.	Метод наименьших квадратов
16.	Линейно зависимые и независимые стадии
17.	Ключевые и неключевые вещества
18.	Стехиометрическая матрица. Атомная матрица. Квазиатомы.
19.	Степень превращения, выход продукта, селективность
20.	Химическая кинетика. Формально простые и сложные реакции
21.	Порядок реакции. Температурная зависимость скорости реакции
22.	Модели идеальных и неидеальных потоков

23.	В каких случаях прибегают к построению статистических моделей?
24.	На чем базируется построение статистических моделей? Каков общий вид статистических моделей?
25.	Что называют факторами и поверхностью отклика?
26.	В чем разница между пассивным и активным экспериментом?
27.	Для чего проводят корреляционный анализ? Какова основная характеристика корреляционного анализа?
28.	Какова суть регрессионного анализа? Перечислите виды регрессии.
29.	Назовите метод, применяемый для оценки коэффициентов уравнения регрессии
30.	Приведите характеристику ортогонального/D-оптимального/рототабельного/насыщенного плана

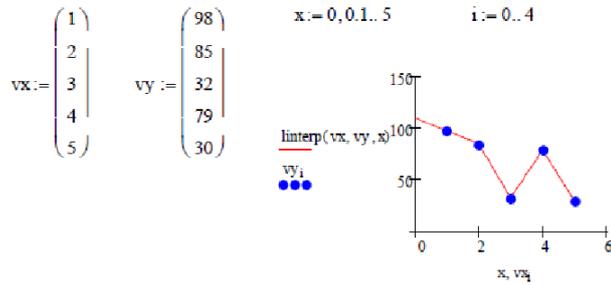
### 3.2 Кейс-задачи (задания) к зачету

**3.3.1 Шифр и наименование компетенции ОПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели**

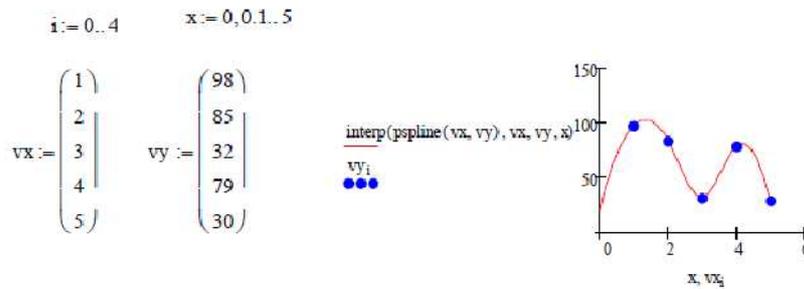
№ задания	Условие задачи (формулировка задания)										
31.	<p><b>Ситуация.</b> В результате моделирования процессов химической технологии был получен массив данных. Результаты наблюдений сведены в таблицу.</p> <table border="1" data-bbox="368 952 1441 1070"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>98</td> <td>85</td> <td>32</td> <td>79</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table> <p>Необходимо построить аппроксимирующие и интерполирующие функции с применением программы MATHCAD</p> <p><b>Задание:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое интерполяция и аппроксимация?</li> <li>2. Проведите кусочно-линейную аппроксимацию и аппроксимацию сплайнами результатов наблюдений с применением программы MATHCAD</li> </ol> <p><b>Решение</b></p> <p>1. Интерполяция – способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений.</p> <p>Аппроксимация – метод приближения, при котором для нахождения дополнительных значений, отличных от табличных данных, приближенная функция проходит не через узлы интерполяции, а между ними</p> <p>2</p>	1	2	3	4	5	98	85	32	79	30
1	2	3	4	5							
98	85	32	79	30							

**Кусочно-линейная аппроксимация производится функцией `linterp(vx, vy, x)`**

Здесь `vx`- вектор аргументов `x` точек, через которые должна пройти кривая, `vy`- вектор ординат `y` тех же точек, `x` - значение аргумента аппроксимирующей функции.



Аппроксимация сплайнами. `pspline(VX, VY)` - возвращает вектор `VS` вторых производных при приближении к опорным точкам параболической кривой. `interp(VS, VX, VY, x)` возвращает значение `y(x)` для заданных векторов `VS, VX, VY` и заданного значения `x`.



**Ситуация.** В проточном реакторе рабочим объемом  $V$  с механическим перемешивающим устройством протекает мономолекулярная химическая реакция первого порядка.

**Задание:** По представленным данным найти концентрацию компонента в выходящем из реактора потоке. Представить схему работы реактора.

32.

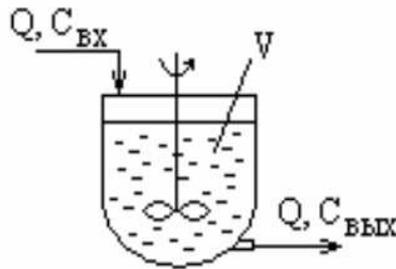


Схема работы реактора

Дано

Константа скорости реакции  $k := 0.02$   
 Количество измерений  $i := 16$

	( 10 )	( 5.1 )
	50	3.0
	90	2.1
	130	1.7
	170	1.5
	210	1.1
	250	0.9
Время процесса $\tau, c$ $\tau :=$	290	Изменение концентрации трассера на выходе из аппарата $C$ , усл.ед $C :=$
	330	0.8
	370	0.7
	410	0.6
	450	0.5
	490	0.4
	530	0.2
	570	0.1
	( 600 )	( 0.05 )

Решение

Среднее время пребывания  $\tau_{ср}, c$

$$\tau_{ср} := \frac{\sum_{i=0}^{i-1} \tau_i \cdot C_i}{\sum_{i=0}^{i-1} C_i} \quad \tau_{ср} = 137.393$$

Расчет средней безразмерной концентрации вещества  $A$   
на выходе из реактора

$$N := \frac{1}{1 + k \cdot \tau_{ср}} \quad N = 0.267$$

33.

**Ситуация.** Двухуровневый план полного факторного эксперимента предусматривает реализацию всех возможных опытов, условия проведения которых соответствуют любому сочетанию величин исследуемых факторов при их изменении на двух уровнях. Имеем следующие параметры эксперимента:  $C_{10} = 38^\circ C$ ;  $C_{20} = 24\%$ ;  $C_{30} = 0,6$  м;  $C_{40} = 500$  об/мин. Интервалы варьирования:  $\lambda_1 = 6^\circ C$ ;  $\lambda_2 = 4\%$ ;  $\lambda_3 = 0,15$  м;  $\lambda_4 = 6$  об/мин.

**Задание.** Построить план ПФЭ<sup>n</sup> в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов. Определить коэффициенты линейного уравнения в безразмерном выражении и в натуральной размерности факторов.

**Решение:**

1. Число строк  $1+16+2 = 19$ , число столбцов  $1+4+4=9$ .

2.

$$\begin{aligned} C_{10}^+ &= C_{10} + \lambda_1 = 38 + 6 = 44 \text{ }^\circ\text{C} & C_{10}^- &= C_{10} - \lambda_1 = 32 \text{ }^\circ\text{C} \\ C_{20}^+ &= C_{20} + \lambda_2 = 24 + 4 = 28 \% & C_{20}^- &= C_{20} - \lambda_2 = 20 \% \\ C_{30}^+ &= C_{30} + \lambda_3 = 0,6 + 0,15 = 0,75 \text{ м} & C_{30}^- &= C_{30} - \lambda_3 = 0,45 \text{ м} \\ C_{40}^+ &= C_{40} + \lambda_4 = & C_{40}^- &= C_{40} - \lambda_4 = 450 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \\ &= 500 + 50 = 550 \text{ об/мин} & & \end{aligned}$$

u	$x_{iu}$				$C_{iu}$				$\bar{y}_u$
	$x_{1u}$	$x_{2u}$	$x_{3u}$	$x_{4u}$	$C_{1u}, \text{ }^\circ\text{C}$	$C_{2u}, \%$	$C_{3u}, \text{ м}$	$C_{4u}, \text{ об/мин}$	
1	-	-	-	-	32	20	0,45	450	46
2	-	+	-	-	32	28	0,45	450	62
3	+	-	-	-	44	20	0,45	450	66
4	+	+	-	-	44	28	0,45	450	64
5	-	-	+	-	32	20	0,75	450	54
6	-	+	+	-	32	28	0,75	450	70
7	+	-	+	-	44	20	0,75	450	74
8	+	+	+	-	44	28	0,75	450	90
9	-	-	-	+	32	20	0,45	550	70
10	-	+	-	+	32	28	0,45	550	86
11	+	-	-	+	44	20	0,45	550	90
12	+	+	-	+	44	28	0,45	550	106
13	-	-	+	+	32	20	0,75	550	78
14	-	+	+	+	32	28	0,75	550	94
15	+	-	+	+	44	20	0,75	550	98
16	+	+	+	+	44	28	0,75	550	114
$C_{i0}$					38	24	0,6	500	80
$\lambda_i$					6	4	0,15	50	

2. Линейное уравнение имеет вид:  $y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i x_i$ .

3. Рассчитываем коэффициенты уравнения:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{y}_u}{N} = \frac{1262}{16} = 78,87 = 78,9;$$

$$b_1 = \frac{\sum_{u=1}^N x_{1u} \bar{y}_u}{N} = \frac{702 - 560}{16} = \frac{142}{16} = 8,87 = 8,9;$$

$$b_2 = \frac{686 - 576}{16} = \frac{110}{16} = 6,87 = 6,9;$$

$$b_3 = \frac{672 - 590}{16} = \frac{110}{16} = 5,12 = 5,1;$$

$$b_4 = \frac{736 - 526}{16} = \frac{210}{16} = 13,31 = 13,3.$$

$$y = 79,8 + 8,9x_1 + 6,9x_2 + 5,1x_3 + 13,3x_4$$

$$x_1 = \frac{C_1 - 38}{6} = 0,17C_1 - 6,3 \quad x_2 = \frac{C_2 - 24}{4} = 0,25C_2 - 6,0;$$

$$x_3 = \frac{C_3 - 0,6}{0,15} = 6,7C_3 - 4 \quad x_4 = \frac{C_4 - 500}{50} = 0,02C_4 - 10,0$$

Подставим:

$$\begin{aligned} y &= 79,8 + 8,9x_1 + 6,9x_2 + 5,1x_3 + 13,3x_4 = \\ &= 79,8 + 8,9(0,17C_1 - 6,3) + 6,9(0,25C_2 - 6,0) + \\ &+ 5,1(6,7C_3 - 4) + 13,3(0,02C_4 - 10,0) = \\ &= 178,6 + 1,5C_1 + 1,72C_2 + 34,17C_3 + 0,27C_4 \end{aligned}$$

4. Проверим, сравнив предсказанные уравнениями значения в центре экстремума:  $\bar{y}_0 = 78,9 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$  при  $x_{i0}$  и  $\bar{y}_0 = 178,6 + 1,5 \cdot 38 + 1,72 \cdot 24 + 34,17 \cdot 0,6 + 0,27 \cdot 500 = 78,5 \text{ кг/м}^3 \cdot \text{ч}$  - совпадение приемлемое.

### 3.3 Тесты (тестовые задания к зачету)

#### 3.4.1 Шифр и наименование компетенции ОПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего

№ задания	Тест (тестовое задание)
34.	Величина, точное значение которой в предстоящем подсчете или измерении невозможно предсказать называется... Дискретная Непрерывная <b>Случайная</b>
35.	Какая числовая характеристика определяет средний разброс значений случайной величины – среднее значение квадрата разброса Математическое ожидание <b>Дисперсия</b> Среднее квадратическое отклонение
36.	При каком значении коэффициента корреляции отсутствует корреляционная связь $\rho = +1$ $\rho = -1$ <b><math>\rho = 0</math></b>
37.	Критерий Кохрена сравнивает несколько дисперсий с различным числом степеней свободы две дисперсии при наличии параллельных опытов два средних значения случайной величины несколько дисперсий с одинаковым объемом выборок <b>несколько дисперсий с одинаковым числом степеней свободы</b> несколько дисперсий с различным объемом выборок
38.	Критерий Фишера сравнивает несколько дисперсий с различным числом степеней свободы <b>две дисперсии при наличии параллельных опытов</b> два средних значения случайной величины несколько дисперсий с одинаковым объемом выборок
39.	Критерий Стьюдента сравнивает несколько дисперсий с различным числом степеней свободы две дисперсии при наличии параллельных опытов <b>два средних значения случайной величины</b> несколько дисперсий с одинаковым объемом выборок
40.	Критерий Стьюдента обозначается $\chi^2$ -критерий $\sigma$ -критерий <b>t-критерий</b> $\sigma^2$ -критерий
41.	Под методом наименьших квадратов понимается метод случайных величин X и Y полученных в эксперименте метод аппроксимации зависимости между случайными величинами X и Y <b>метод оценивания тесноты нелинейной связи между случайными величинами X и Y</b>
42.	Значимость коэффициентов уравнения регрессии оценивают критерием Фишера <b>Стьюдента</b> Кохрена Бартлета
43.	Адекватность уравнения регрессии эксперименту оценивается критерием <b>Фишера</b> Стьюдента Кохрена Бартлета
44.	Уравнение регрессии адекватно исследуемому процессу, если $F_{расч} < F_{табл}$ $F_{расч} > F_{табл}$ $F_{расч} = F_{табл}$
45.	Что подразумевает прямая задача химического равновесия?



- 5, незачтено - 0). Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

**Бальная система** служит для получения экзамена и/или зачета по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 50.

Максимальное число баллов на экзамене и/или зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

Студент, набравший в семестре менее 30 баллов, может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того, чтобы быть допущенным до экзамена и/или зачета.

Студент, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до экзамена и/или зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен и/или зачет.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена и/или зачета студенту предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче экзамена и/или зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене и/или зачете не учитывается.

Экзамен и/или зачет может проводиться в виде тестового задания и кейс-задач или собеседования и кейс-заданий.

Для получения оценки «отлично» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять 90 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 89,99 баллов;

- оценки «удовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 60 до 74,99 баллов;

- оценки «неудовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять менее 60 баллов.

Для получения оценки «зачтено» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на зачете должна быть не менее 60 баллов.

### 5. Матрица соответствия результатов обучения, показателей, критерием и шкал оценки

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения компетенции
<b>ОПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, осуществлять теоретический анализ и экспериментальную проверку адекватности модели</b>					
<b>Знать:</b> понятия, концепции, принципы и методы системного анализа, обеспечения и совершенствования безопасности процессов и систем производственного назначения	Лекция Собеседование	Знание понятий, концепций, принципов и методов системного анализа, обеспечения и совершенствования безопасности процессов и систем производственного назначения	Обучающийся знает понятия, концепции, принципы и методы системного анализа, обеспечения и совершенствования безопасности процессов и систем производственного назначения	Зачтено	Базовый
<b>Уметь:</b> пользоваться современными математическими и машинными методами моделирование, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования	Собеседование по практической работе	метод моделирования, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования	Обучающийся самостоятельно использовал современными математическими и машинными методами моделирование, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования	Зачтено	Продвинутый
			Обучающийся не смог использовать современные математические и машинные методы моделирование, системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования	Не зачтено	Не освоено
<b>Владеть:</b> навыками создания и анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов	Кейс задача	анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов	Обучающийся разобрался в поставленной задаче. Верно создана математическая модель исследуемых процессов и объектов	Зачтено	Высокий
			Обучающийся не разобрался в поставленной задаче..	Не зачтено	Не освоено