

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Моделирование технологических процессов», включающая оценочные и методические материалы

1. Требования к результатам обучения по дисциплине (модулю)

1.1. Перечень компетенций, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Группа компетенций	Категория компетенций	Коды и содержание компетенций
Профессиональные	-	ПК-3. Способен на основе результатов анализа больших данных разрабатывать компьютерные модели, обеспечивающие информационно-управляющие системы умного цифрового производства

1.2. Компетенции и индикаторы их достижения, формируемых дисциплиной (модулем) в процессе освоения образовательной программы

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ПК-3	ПК-3.1	Составляет описание проводимых исследований, готовит данные для составления обзоров и отчетов
	ПК-3.2	Разрабатывает имитационные модели компонентов и процессов автоматизированных систем умного производства, а также модели составных частей процессов жизненного цикла объектов высокотехнологичных продуктов и производств
	ПК-3.3	Проектирует информационно-управляющие системы умного производства и разрабатывает их программные модули

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – применение на практике знаний, умений и навыков в области химического инжиниринга посредством создания функциональных физических прототипов химико-технологических процессов, оборудования и систем.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- принципы конструирования и проектирования химико-технологических процессов и систем.

уметь:

- создавать физические прототипы химико-технологических систем лабораторного масштаба, включая их сборку физических из отдельных элементов, интеграцию с системой управления и цифровой моделью;
- эксплуатировать химико-технологическое оборудование, процессы и системы.

владеть:

- инструментами и навыками управления химико-технологическими процессами, оборудованием и системами.

2. Объем, структура и содержание дисциплины (модуля)

2.1. Объем дисциплины (модуля)

<i>Виды учебной работы</i>	<i>Формы обучения</i>
	<i>Очная</i>
Общая трудоемкость: зачетные единицы/часы	3/108
Контактная работа:	64
Лекции	32
Лабораторные работы	0
Практические занятия, семинары	32
Промежуточная аттестация: зачет с оценкой	0
Самостоятельная работа (СР)	44

2.2. Темы (разделы) дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества часов по формам образовательной деятельности

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Виды учебной работы (в часах)						СР
		Контактная работа						
		Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				
		Л	Иные	ПЗ	С	ЛР	Иные	
1.	Введение в моделирование химико-технологических процессов	4	0	4	0	0	0	5
2.	Начало работы в Aspen Plus.	4	0	4	0	0	0	6
3.	Аппаратурные блоки технологической схемы.	4	0	4	0	0	0	5
4.	Моделирование и оптимизация трубопроводов.	4	0	4	0	0	0	6
5.	Начало работы в Aspen HYSYS	4	0	4	0	0	0	5
6.	Аппаратурные блоки технологической схемы	4	0	4	0	0	0	6
7.	Введение в раздел «Результаты и отчетность»	4	0	4	0	0	0	5
8.	Моделирование химико-технологических схем производственных процессов	4	0	4	0	0	0	6

Примечания:

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СР – самостоятельная работа.

2.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) и видам работ

Содержание лекционного курса

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание лекционного курса
1.	Введение в моделирование химико-технологических процессов	Основные понятия, принципы и цели моделирования ХТП. Обзор программного обеспечения. Основные концепции моделирования.
2.	Начало работы в Aspen Plus.	Возможности экосистемы Aspen. Решения для промышленности от Aspen. Требования к сертификации Aspen. Интерфейс Aspen Plus. Среда свойств. Методы свойств и виды свойств в Aspen Plus.
3.	Аппаратурные блоки технологической схемы.	Добавление аппаратурных блоков на схему, установка связи между ними. Смесители и разделители. Теплообменники. Модели и спецификации теплообменников. Экспорт теплообменника в Aspen EDR для точного расчёта. Сепараторы. Колонны. Модели реакторов и типы реакций. Функция подбора параметров Design Specs.
4.	Моделирование и оптимизация трубопроводов.	Аппаратурные блоки и спецификация трубопроводов. Функция Optimization и использования Fortran.
5.	Начало работы в Aspen HYSYS	Знакомство с пользовательским интерфейсом Aspen HYSYS и его структурой. Создание новой задачи. Среда Properties: создание списка компонентов, выбор термодинамического пакета свойств (Fluid Package). Среда Simulation: добавление, расчет и анализ свойств материального потока. Единицы измерения. Модификация или добавление требуемой системы

		единиц измерения.
6.	Аппаратурные блоки технологической схемы	Добавление аппаратурных блоков на схему, установка связи между ними. Смесители и разделители. Теплообменники. Модели и спецификации теплообменников. Сепараторы. Колонны. Расчет минимального числа теоретических тарелок. Расчет минимального флегмового числа. Определение: к.п.д. контактных устройств, оптимального числа тарелок и флегмового числа, расчет диаметра и высоты ректификационной колонны. Расчет и выбор контактных устройств. Основы расчета насадочной ректификационной колонны. Расчет режима полного орошения сложной насадочной колонны. Расчет диаметра насадочной колонны по скорости паров в свободном сечении колонны. Расчет высоты насадки. Насосы. Модели насосов. Компрессоры. Реакторы. Модели реакторов. Типы реакций.
7.	Введение в раздел «Результаты и отчетность»	Базовая отчетность. Рабочая тетрадь Workbook. Экспорт данных в Excel. Создание отчетов. Конвертация файла в шаблон.
8.	Моделирование химико-технологических схем производственных процессов	Разработка технологической схемы. Описание компонентов и потоков. Установление связей и зависимостей между компонентами. Использование встроенных инструментов оптимизации Aspen HYSYS для достижения наилучших результатов. Моделирование сложных процессов с использованием параллельных вычислений и распределенных систем

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Введение в моделирование химико-технологических процессов	ПЗ	Основные программные продукты для моделирования. Aspen HYSYS, HTRI-HT, PRO/II, ChemCAD, AVL Therm, CHEMCAD. Особенности каждого из них.
2.	Начало работы в Aspen Plus.	ПЗ	Возможности и базовые основы работы, вывод и просмотр результатов расчета, базы данных.
3.	Аппаратурные блоки технологической схемы.	ПЗ	Синтез кумола. Оценка влияния рецикла. Охлаждение потока н-пропанола. Подбор потока воды для охлаждения н-пропанола до заданной температуры. Экспорт теплообменника в Aspen EDR.
4.	Моделирование и оптимизация трубопроводов.	ПЗ	Оптимизация стоимости обслуживания трубопровода по диаметру.
5.	Начало работы в Aspen HYSYS	ПЗ	Добавление, расчет и анализ свойств материального потока.
6.	Аппаратурные блоки технологической схемы	ПЗ	Смешение и разделение потоков (бензол-толуол-ксилол; циклогексан-гексан), нагревание и охлаждение потока вода-этанол, разделение потока этан-пропан-бутан, ректификация двухкомпонентной смеси, расчет рабочей нагрузки насоса, расчет рабочей нагрузки компрессора, расчет конверсионного реактора.
7.	Введение в раздел «Результаты и отчетность»	ПЗ	Экспорт данных в Excel. Создание отчетов. Конвертация файла в шаблон.
8.	Моделирование химико-технологических схем производственных процессов	ПЗ	Технологическая схема сжатия, охлаждения и разделения потока этан – пропан – бутан, технологическая схема двухкомпонентной ректификации, технологическая схема сжатия газа, технологическая схема разделения смеси аммиак-сероводород-вода

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Введение в моделирование химико-технологических	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально

	процессов	заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
2.	Начало работы в Aspen Plus.	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
3.	Аппаратурные блоки технологической схемы.	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
4.	Моделирование и оптимизация трубопроводов.	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
5.	Начало работы в Aspen HYSYS	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
6.	Аппаратурные блоки технологической схемы	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
7.	Введение в раздел «Результаты и отчетность»	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям
8.	Моделирование химико-технологических схем производственных процессов	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса. Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку. Поиск, анализ, структурирование и презентация информации. Подготовка к оценивающим мероприятиям

3. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

По дисциплине (модулю) предусмотрены следующие виды контроля качества освоения:

- текущий контроль успеваемости;
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Введение в моделирование химико-технологических процессов	Устный опрос, контрольная работа
2.	Начало работы в Aspen Plus.	Устный опрос, контрольная работа
3.	Аппаратурные блоки технологической схемы.	Устный опрос, контрольная работа
4.	Моделирование и оптимизация трубопроводов.	Устный опрос, контрольная работа
5.	Начало работы в Aspen HYSYS	Устный опрос, контрольная работа
6.	Аппаратурные блоки технологической схемы	Устный опрос, контрольная работа
7.	Введение в раздел «Результаты и отчетность»	Устный опрос, контрольная работа
8.	Моделирование химико-технологических схем производственных процессов	Устный опрос, контрольная работа

3.1.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в процессе текущего контроля успеваемости

Устный опрос

1. Роль моделирования в науке и технике.
2. Область моделирования
3. Место задач проектирования технологических процессов в технологической подготовке машиностроительного производства.
4. Понятия математической модели и моделирования, примеры моделей в арифметике целых чисел.
5. Математические модели идентификации объектов, их использование в задачах проектирования технологических процессов.
6. Принципы построения моделей
7. Адекватность моделей.
8. Формализация и моделирование
9. Классификация моделей
10. Перечислите ключевые особенности программы Aspen Plus.
11. Какие рабочие элементы и процессы позволяет рассчитать Aspen Plus?
12. Перечислите дополнительные модули, расширяющие стандартные возможности Aspen Plus.
13. Перечислите ключевые особенности программы Aspen HYSYS.
14. Какие расчеты можно проводить с использованием Aspen HYSYS?
15. Перечислите дополнительные модули, расширяющие стандартные возможности Aspen HYSYS.

Контрольная работа

1. Постройте модель сегмента технологического процесса получения полиэтилена высокой плотности. Задайте необходимые схемы реакции и внесите информацию о кинетике всех процессов.

2. Сгенерируйте информацию о молекулярно-массовом распределении и распределении степени полимеризации полученного ПЭВП

Исходные данные:

Полимеризация этилена проходит в растворе н-гексана.

Температура процесса полимеризации – 160°C.

Давление в системе – 200 бар.

Данные по входному потоку представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики входного потока.

Характеристика	Параметр	Значение
Состав (массовые доли)	Этилен	0,200

	Водород	0,001
	Гексан	0,789
	Катализатор	0,005
	Со-катализатор	0,005
Условия	Температура	60°C
	Давление	200 бар
	Фазовое состояние	Жидкость
Массовый расход		90 000 кг/ч

В качестве катализатора и со-катализатора используются – хлорид титана IV $TiCl_4$ и триэтилалюминий $Al(C_2H_5)_3$, соответственно.

Число типов активных сайтов катализатора – 4.

Концентрация активных сайтов в катализаторе – 0,0001 моль/кг.

Данные по кинетике реакции представлены в табл. 2

Таблица 2 – данные кинетики реакции протекающих в процессе получения ПЭВП.

#	Type	Site #	Comp1	Comp2	Pre-Exp (1/hr)
1	ACT-SPON	1	$TiCl_4$		0,08
2	ACT-SPON	2	$TiCl_4$		0,08
3	ACT-SPON	3	$TiCl_4$		0,0
4	ACT-SPON	4	$TiCl_4$		0,0
5	ACT-COCAT	1	$TiCl_4$	TEA	0,15
6	ACT-COCAT	2	$TiCl_4$	TEA	0,15
7	ACT-COCAT	3	$TiCl_4$	TEA	0,0
8	ACT-COCAT	4	$TiCl_4$	TEA	0,0
9	CHAIN-INI	1	C_2H_4		255,0
10	CHAIN-INI	2	C_2H_4		90,0
11	CHAIN-INI	3	C_2H_4		0,0
12	CHAIN-INI	4	C_2H_4		0,0
13	PROPAGATION	1	C_2H_4 -R	C_2H_4	255,0
14	PROPAGATION	2	C_2H_4 -R	C_2H_4	90,0
15	PROPAGATION	3	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,0
16	PROPAGATION	4	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,0
17	CHAT-MON	1	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,09
18	CHAT-MON	2	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,24
19	CHAT-MON	3	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,0
20	CHAT-MON	4	C_2H_4 -R	C_2H_4	0,0
21	CHAT-H2	1	C_2H_4 -R	H_2	5,55
22	CHAT-H2	2	C_2H_4 -R	H_2	18,50
23	CHAT-H2	3	C_2H_4 -R	H_2	0,0
24	CHAT-H2	4	C_2H_4 -R	H_2	0,0
25	CHAT-SPON	1	C_2H_4 -R		0,004
26	CHAT-SPON	2	C_2H_4 -R		0,012
27	CHAT-SPON	3	C_2H_4 -R		0,0
28	CHAT-SPON	4	C_2H_4 -R		0,0
29	DEACT-SPON	1			0,0001
30	DEACT-SPON	2			0,0006

31	DEACT-SPON	3			0,0
32	DEACT-SPON	4			0,0

В качестве агента передачи цепи для контроля ММ полимера используется водород. Сегмент технологической схемы состоит из реактора смешения непрерывного действия объемом 80 м³ и двухфазного сепаратора, в котором происходит отделение водорода.

3.1.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе текущего контроля успеваемости

Устный ответ

Оценка знаний предполагает дифференцированный подход к обучающемуся, учет его индивидуальных способностей, степень усвоения и систематизации основных понятий и категорий по дисциплине. Кроме того, оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение использовать в ответе практический материал. Оценивается культура речи, владение навыками ораторского искусства.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала, использование профессиональных терминов, культура речи, навыки ораторского искусства. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда материал излагается исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно, при этом раскрываются не только основные понятия, но и анализируются точки зрения различных авторов. Обучающийся не затрудняется с ответом, соблюдает культуру речи.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но при ответе на вопрос допускает несущественные погрешности.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

Контрольная работа

Оценивается не только глубина знаний поставленных вопросов, но и умение изложить письменно.

Критерии оценивания: последовательность, полнота, логичность изложения, анализ различных точек зрения, самостоятельное обобщение материала. Изложение материала без фактических ошибок.

Оценка «отлично» ставится в случае, когда соблюдены все критерии.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, знает практическую базу, но допускает несущественные погрешности.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся освоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении материала, затрудняется с ответами, показывает отсутствие должной связи между анализом, аргументацией и выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся не отвечает на поставленные вопросы.

3.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

3.2.1. Критерии оценки результатов обучения по дисциплине (модулю)

Шкала	Результаты	Показатели оценивания результатов обучения
-------	------------	--

оценивания	обучения	
ОТЛИЧНО	Знает:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил материал, уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - на основе системных научных знаний делает квалифицированные выводы и обобщения, свободно оперирует категориями и понятиями.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, используя научные понятия, ссылаясь на нормативную базу.
	Владеет:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся владеет рациональными методами (с использованием рациональных методик) решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал навыки - выделения главного, - связкой теоретических положений с требованиями руководящих документов, - изложения мыслей в логической последовательности, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
ХОРОШО	Знает:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил материал, достаточно грамотно его излагает, опираясь на знания основной и дополнительной литературы, - затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений, оперирует категориями и понятиями, но не всегда правильно их верифицирует.
	Умеет:	- обучающийся умеет самостоятельно и в основном правильно решать учебно-профессиональные задачи или задания, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагать свое решение, не в полной мере используя научные понятия и ссылки на нормативную базу.
	Владеет:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся в целом владеет рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении смог продемонстрировать достаточность, но не глубинность навыков, - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	Знает:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся ориентируется в материале, однако затрудняется в его изложении; - показывает недостаточность знаний основной и дополнительной литературы; - слабо аргументирует научные положения; - практически не способен сформулировать выводы и обобщения; - частично владеет системой понятий.
	Умеет:	- обучающийся в основном умеет решить учебно-профессиональную задачу или задание, но допускает ошибки, слабо аргументирует свое решение, недостаточно использует научные понятия и руководящие документы.
	Владеет:	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся владеет некоторыми рациональными методами решения сложных профессиональных задач, представленных деловыми играми, кейсами и т.д.; При решении продемонстрировал недостаточность навыков - выделения главного, - изложения мыслей в логической последовательности, - связки теоретических положений с требованиями руководящих документов, - самостоятельного анализа факты, событий, явлений, процессов в их взаимосвязи и диалектическом развитии.

НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	Знает:	- обучающийся не усвоил значительной части материала; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует квалифицированных выводов и обобщений; - не владеет системой понятий.
	Умеет:	обучающийся не показал умение решать учебно-профессиональную задачу или задание.
	Владеет:	не выполнены требования, предъявляемые к навыкам, оцениваемым «удовлетворительно».

3.2.2. Контрольные задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов для устных ответов

1. Строение и функционирование систем.
2. Классификация систем. Закономерности систем.
3. Обзор численных итерационных и безитерационных методов решения систем конечных уравнений и их применение при интегральном и декомпозиционном расчете ХТС.
4. Материальные, тепловые и эксергетические балансы производства.
5. Структурный анализ ХТС
6. Расчет материальных и тепловых балансов ХТС
7. Параметры состояния и управления.
8. Взаимосвязь явлений в отдельных процессах и аппаратах.
9. Иерархия явлений и их соподчиненность в изучении процессов и аппаратов.
10. Иерархическая структура химического производства; взаимовлияние аппаратов; декомпозиция.
11. Задачи проектного и поверочного расчета.
12. Математическая модель ХТС.
13. Число степеней свободы математической модели ХТС.
14. Интегральная и модульная формы математической модели ХТС.
15. Принцип декомпозиции.
16. Агрегирование и деагрегирование модели ХТС.
17. Анализ, Синтез, Оптимизация. Взаимосвязь задач анализа, синтеза и оптимизации.
18. Критерий эффективности функционирования
19. Характеристические свойства химико-технологических систем
20. Надежность, параметрическая чувствительность, управляемость, устойчивость

3.2.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков в ходе промежуточной аттестации

Процедура оценивания знаний (устный ответ)

Предел длительности	10 минут
Предлагаемое количество заданий	2
Последовательность выборки вопросов из каждого раздела	Случайная
Критерии оценки	- требуемый объем и структура - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров из научной литературы и практики
«5» если	требования к ответу выполнены в полном объеме
«4» если	в целом выполнены требования к ответу, однако есть небольшие неточности в изложении некоторых вопросов
«3» если	требования выполнены частично – не выдержан объем, есть фактические ошибки, нарушена логика изложения, недостаточно используется соответствующая терминология

4. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

4.1. Электронные учебные издания

1. 1 Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение/ Лисицын Н.В., Викторов В.К., Кузичкин Н.В., Федоров В.И. - СПб.: Менделеев, 2013. – 392с.
2. Моделирование в компьютерной среде Aspen Hysys: учебное пособие. / Федоров В.И., Кузичкин Н.В., Сладковская Е.В., Смирнова Д.А., Осипенко У.Ю., Семикин К.В., Сладковский Д.А. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 75с.(ЭБ)

4.2. Электронные образовательные ресурсы

1. Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт») [Электронный ресурс]. – URL: <https://urait.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система ZNANIUM [Электронный ресурс]. – URL: <https://znanium.com/>.
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/>.
4. e-Library.ru: Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – URL: <http://elibrary.ru/>.
5. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. – URL: <http://cyberleninka.ru/>.
6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/>.
7. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://fcior.edu.ru/>.

4.3. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к ниже следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

1. Словари и энциклопедии на Академике [Электронный ресурс]. – URL: <http://dic.academic.ru>.
2. Система информационно-правового обеспечения «Гарант» [Электронный ресурс]. – <http://www.garant.ru/>.

4.4. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Лицензионное программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных приложений Microsoft Office.
2. Свободно распространяемое программное обеспечение: свободные пакеты офисных приложений Apache Open Office, LibreOffice.
3. Программное обеспечение отечественного производства: справочно-правовая система «Гарант» (Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»), образовательная платформа ЮРАЙТ (Электронная библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» Biblio-online.ru (ЭБС «Юрайт»)), электронно-библиотечная система ZNANIUM, электронная библиотечная система «Консультант студента».

4.5. Оборудование и технические средства обучения

Для реализации дисциплины (модуля) используются учебные аудитории для проведения учебных занятий, которые оснащены оборудованием и техническими средствами обучения, и помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Наименование учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы*	Оснащенность учебных аудиторий для проведения учебных занятий и помещений для самостоятельной работы оборудованием и техническими средствами обучения
Учебные аудитории для проведения учебных занятий	Учебная аудитория укомплектована специализированной мебелью, отвечающей всем установленным нормам и

	требованиям, оборудованием и техническими средствами обучения (мобильное мультимедийное оборудование).
Помещение для самостоятельной работы	Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РХТУ им. Д.И. Менделеева и к ЭБС.

* Номер конкретной аудитории указан в приказе об аудиторном фонде, расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.