

**Рабочая программа дисциплины (модуля) «Вычислительная математика»,
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
Универсальные	-	-
Общепрофессиональные	Физико-математическая и компьютерная грамотность при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-5. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
Профессиональные	-	-

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

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Содержание индикатора компетенции
ОПК-5	ОПК-5.2	Использует современные информационные технологии при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-5.3	Отбирает и применяет прикладное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности

1.3. Результаты обучения по дисциплине (модулю)

Цель изучения дисциплины (модуля) – научить студентов теоретическим знаниям, практическим умениям и навыкам использования современных математических методов расчетов, расчетных исследований, анализа, оптимизации процессов инженерных с применением пакета математических программ MATLAB для решения широкого круга задач вычислительной математики.

В результате изучения дисциплины (модуля) обучающийся должен

знать:

- вычислительные и алгоритмические аспекты, необходимые для применения современных систем компьютерной математики, в частности MATLAB;
- методы и алгоритмы для решения инженерно-технических расчетных задач;

уметь:

- формализовать задачи вычислительной математики;
- применять полученные знания при решении практических инженерно-технических расчетных задач вычислительной математики, с использованием современных систем компьютерной математики, в частности MATLAB;

владеть:

- методами применения современных систем компьютерной математики, в частности MATLAB;
- способностью постановки и решения инженерно-технических расчетных задач вычислительной математики и навыками интерпретации и применения получаемых результатов.

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
Занятия лекционного типа	32
Занятия семинарского типа	32
Консультации	0
Промежуточная аттестация	зачет с оценкой

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.	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Система компьютерной математики (СКМ). Среда MATLAB для решения задач вычислительной математики.	2	0	0	0	2	0	4
2.	Векторы и матрицы, операции над ними. Алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), их реализация в среде MATLAB	2	0	0	0	2	0	5
3.	Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции	4	0	0	0	4	0	5
4.	Численное интегрирование. Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений, графическая иллюстрация	4	0	0	0	4	0	5
5.	Алгоритмы решения уравнения с одним неизвестным, их реализация в MATLAB	4	0	0	0	4	0	5
6.	Алгоритмы решения системы нелинейных уравнений, их реализация в MATLAB	4	0	0	0	4	0	5
7.	Алгоритмы методов одномерной оптимизации с реализацией в MATLAB	4	0	0	0	4	0	5
8.	Алгоритмы методов многомерной	4	0	0	0	4	0	5

	оптимизации реализацией MATLAB	с в							
9.	Алгоритмы численных методов решения дифференциальных уравнений		4	0	0	0	4	0	5

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.	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Система компьютерной математики (СКМ). Среда MATLAB для решения задач вычислительной математики.	Создание М-программ и основные операторы М-языка программирования MATLAB. Варианты структуры программ на MATLAB. Стандартные и нестандартные функции М-языка программирования и основные решатели (solvers) MATLAB.
2.	Векторы и матрицы, операции над ними. Алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), их реализация в среде MATLAB	Обратная матрица. Умножение матриц. Метод Гаусса. Метод простых итераций. Обусловленность системы. Число обусловленности.
3.	Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции	Точные и интервальные оценки измеренной величины. Грубые измерения, отбраковка грубых измерений в серии. Использование статистических критериев. Характеристика статистических методов обработки измеренной величины. Ошибки измерений (случайные, систематические, грубые). Методика отбраковки грубых измерений. Точечные оценки результатов измерений, их физический смысл и расчетные соотношения. Приближения функции. Аппроксимация экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов. Использование функций MATLAB lsqcurvefit МНК для любой нелинейной функции; Подбор коэффициентов по МНК при построении полиномиальной зависимости polyfit, Вычисление значения полинома polyval Интерполяция. Постановка задачи. Интерполяционные полиномы. Конечные и разделенные разности; Полиномы Лагранжа и многочлены Ньютона. Оценка погрешности интерполяционных формул. Использование функций MATLAB (interp1, linear, spline, nearest)
4.	Численное интегрирование. Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений, графическая иллюстрация	Методы прямоугольников. Вывод расчетных соотношений. Сравнение методов 'вперед', 'назад', 'по среднему'; Использование функций MATLAB - sum, mean; Метод трапеций. Вывод расчетных соотношений. Использование функций MATLAB - trapz; Метод Симпсона. Использование интерполяционного многочлена второго порядка для вычисления интеграла. Вывод расчетных соотношений. Использование встроенной функции MATLAB - quad. Метод Ньютона-Котеса 8 порядка. Использование функций MATLAB - quad8; Сравнение погрешности вычисления интеграла при использовании всех рассмотренных выше соотношений.
5.	Алгоритмы решения уравнения с одним неизвестным, их реализация в MATLAB	Метод деления пополам. Вывод расчетных соотношений. Достоинства и недостатки метода. Использование функций MATLAB. Метод касательных. Вывод расчетных

		соотношений. Достоинства и недостатки метода, Использование функции MATLAB - fzero
6.	Алгоритмы решения системы нелинейных уравнений, их реализация в MATLAB	Метод Ньютона-Рафсона. Вывод расчетных соотношений; Использование функций solve, diff, subs Метод простых итераций. Вывод расчетных соотношений; Использование функций simplify, collect, pretty
7.	Алгоритмы методов одномерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Алгоритмы методов деления отрезка пополам, деления на три равные части и золотого сечения, реализация в среде MATLAB. Использование функций fminbnd; сравнение методов
8.	Алгоритмы методов многомерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Алгоритмы градиентных и безградиентных методов поиска экстремума. Методы случайного поиска. Алгоритмы их реализация. Использование функций fminsearch, linprog, fmincon;
9.	Алгоритмы численных методов решения дифференциальных уравнений	Постановка задачи Коши. Метод Эйлера, метод Рунге-Кутты; Оценка погрешности. Постановка задачи решения "краевой задачи". Метод конечных разностей, метод "пристрелки" Оценка погрешности. Использование функций dsolve, diff.

Содержание занятий семинарского типа

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Тип	Содержание занятий семинарского типа
1.	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Система компьютерной математики (СКМ). Среда MATLAB для решения задач вычислительной математики.	ЛР	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Среда MATLAB.
2.	Векторы и матрицы, операции над ними. Алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), их реализация в среде MATLAB	ЛР	Векторы и матрицы, действия над ними. Обратная матрица. Умножение матриц. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Метод Гаусса. Метод простых итераций. Обусловленность системы. Число обусловленности.
3.	Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции	ЛР	Обработка результатов измерения одной величины. Критерий Стьюдента. Приближение функции. Аппроксимация. Интерполяция.
4.	Численное интегрирование. Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений, графическая иллюстрация	ЛР	Численное интегрирование. Методы интегрирования обычной точности. Численное интегрирование. Методы интегрирования высокой точности
5.	Алгоритмы решения уравнения с одним неизвестным, их реализация в MATLAB	ЛР	Уравнение с одним неизвестным. Методы с условной сходимостью. Уравнение с одним неизвестным. Методы с безусловной сходимостью
6.	Алгоритмы решения системы нелинейных уравнений, их реализация в MATLAB	ЛР	Система нелинейных уравнений. Методы с условной сходимостью. Система нелинейных уравнений. Методы с безусловной сходимостью
7.	Алгоритмы методов одномерной оптимизации с реализацией в MATLAB	ЛР	Одномерная оптимизация. Методы одномерной оптимизации функций без локальных экстремумов. Одномерная оптимизация. Метод золотого сечения.
8.	Алгоритмы методов многомерной оптимизации с реализацией в MATLAB	ЛР	Многомерная оптимизация. Безградиентные методы поиска экстремума. Многомерная оптимизация. Градиентные методы поиска экстремума. Многомерная оптимизация. Методы случайного поиска.
9.	Алгоритмы численных методов решения дифференциальных уравнений	ЛР	Методы решения дифференциальных уравнений. Постановка задачи Коши. Метод Эйлера, метод Рунге – Кутты. Оценка погрешности. Дифференциальные уравнения. Постановка задачи решения "краевой задачи". Метод конечных разностей, метод "пристрелки". Оценка погрешности

Содержание самостоятельной работы

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Содержание самостоятельной работы
1.	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Система компьютерной математики (СКМ). Среда MATLAB для решения задач вычислительной математики.	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
2.	Векторы и матрицы, операции над ними. Алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), их реализация в среде MATLAB	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
3.	Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
4.	Численное интегрирование. Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений, графическая иллюстрация	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
5.	Алгоритмы решения уравнения с одним неизвестным, их реализация в MATLAB	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
6.	Алгоритмы решения системы нелинейных уравнений, их реализация в MATLAB	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
7.	Алгоритмы методов одномерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
8.	Алгоритмы методов многомерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами
9.	Алгоритмы численных методов решения дифференциальных уравнений	Изучение лекционного материала, подготовка к занятиям семинарского типа, ознакомление и проработка рекомендованной литературы, работа с электронно-библиотечными системами

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

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

- текущий контроль успеваемости (в том числе рубежный);
- промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю).

3.1.1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости (в том числе рубежного) по дисциплине (модулю)

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Наименование оценочного средства
1.	Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах. Система компьютерной математики (СКМ). Среда MATLAB для решения задач вычислительной математики.	Контрольная работа

2.	Векторы и матрицы, операции над ними. Алгоритмы решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), их реализация в среде MATLAB	Контрольная работа
3.	Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции	Контрольная работа
4.	Численное интегрирование. Постановка задачи. Вывод расчетных соотношений, графическая иллюстрация	Контрольная работа
5.	Алгоритмы решения уравнения с одним неизвестным, их реализация в MATLAB	Контрольная работа
6.	Алгоритмы решения система нелинейных уравнений, их реализация в MATLAB	Контрольная работа
7.	Алгоритмы методов одномерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Контрольная работа
8.	Алгоритмы методов многомерной оптимизации с реализацией в MATLAB	Контрольная работа
9.	Алгоритмы численных методов решения дифференциальных уравнений	Контрольная работа

3.1.1. Типовые контрольные задания

Контрольный работа

1. Вычислительная математика. Основные этапы: разработка и реализация алгоритмов на компьютерах краткий реферат
2. Векторы и матрицы. Обратная матрица. Умножение матриц. задачи на составление алгоритма и программы по нему
3. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Метод Гаусса. Метод простых итераций. Обусловленность системы. Число обусловленности задачи на составление алгоритма и программы по нему
4. Обработка результатов измерения одной величины. Критерий Стьюдента задачи на составление алгоритма и программы по нему
5. Приближение функции. Аппроксимация. Интерполяция задачи на составление алгоритма и программы по нему
6. Численное интегрирование. Методы интегрирования обычной точности задачи на составление алгоритма и программы по нему
7. Численное интегрирование. Методы интегрирования высокой точности задачи на составление алгоритма и программы по нему
8. Уравнение с одним неизвестным. Методы с условной сходимостью задачи на составление алгоритма и программы по нему
9. Уравнение с одним неизвестным. Методы с безусловной сходимостью задачи на составление алгоритма и программы по нему
10. Система нелинейных уравнений. Методы с условной сходимостью задачи на составление алгоритма и программы по нему
11. Система нелинейных уравнений. Методы с безусловной сходимостью задачи на составление алгоритма и программы по нему
12. Одномерная оптимизация. Методы одномерной оптимизации функций без локальных экстремумов. задачи на составление алгоритма и программы по нему
13. Одномерная оптимизация. Методы градиентные одномерной оптимизации функций с локальными экстремумами. задачи на составление алгоритма и программы по нему
14. Многомерная оптимизация. Методы многомерной оптимизации обычной точности задачи на составление алгоритма и программы по нему
15. Многомерная оптимизация. Методы многомерной оптимизации высокой точности задачи на составление алгоритма и программы по нему
16. Многомерная оптимизация. Методы многомерной оптимизации функций с оврагами и другими осложнениями решения задачи на составление алгоритма и

программы по нему

17. Дифференциальные уравнения. Методы решения дифференциальных уравнений с обычной точностью задачи на составление алгоритма и программы по нему

18. Дифференциальные уравнения. Методы решения дифференциальных уравнений с высокой точностью задачи на составление алгоритма и программы по нему

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

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. Задания и/или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

1. Блок-схемы. Основные типы алгоритмов. Ввод-вывод.
2. Погрешности абсолютные и относительные. Значение цифры числа. Узкий и широкий смысл. Погрешности вычислений. Погрешности функции нескольких переменных
3. Дисперсия. Среднее значение. Доверительный интервал. Доверительная вероятность. Нахождение доверительного интервала.
4. Одномерные массивы. Ввод-вывод. Сумма. Максимум и минимум. Сортировка. Норма вектора
5. Двумерные массивы. Ввод-вывод. Сумма. Максимум. Минимум. Норма
6. Умножение матриц. Сложение матриц. Транспонирование матриц
7. Нахождение обратной матрицы методом Гаусса-Жордана. Расширенная матрица.
8. СЛАУ. Метод обратной матрицы
9. СЛАУ. Метод Гаусса. Модифицированный метод Гаусса
10. СЛАУ. Обусловленность. Метод простых итераций
11. Интерполяция по Лагранжу.
12. Аппроксимация
13. Интегрирование. Метод прямоугольников вперед, назад, в среднем.
14. Интегрирование. Метод трапеций
15. Интегрирование. Метод Симпсона.
16. Нелинейные уравнения. Метод касательных.
17. Нелинейные уравнения. Метод простых итераций.
18. Системы нелинейных уравнений. Метод Ньютона-Рафсона
19. Системы нелинейных уравнений. Метод простых итераций
20. Одномерная оптимизация. Метод деления пополам
21. Одномерная оптимизация. Метод деления на три равных отрезка.

22. Одномерная оптимизация. Золотое сечение
23. Многомерная оптимизация. Градиентный метод
24. Многомерная оптимизация. Симплексный метод
25. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера.
26. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера усовершенствованный
27. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера модифицированный
28. Дифференциальные уравнения. Метод Рунге-Кутта
29. Блок-схемы. Основные типы алгоритмов. Ввод-вывод.
30. Одномерные массивы. Ввод-вывод. Сумма. Максимум и минимум. Сортировка. Норма вектора
31. Дисперсия. Среднее значение. Доверительный интервал. Доверительная вероятность. Нахождение доверительного интервала.
32. Умножение матриц. Сложение матриц. Транспонирование матриц
33. Двумерные массивы. Ввод-вывод. Сумма. Максимум. Минимум. Норма
34. СЛАУ. Метод обратной матрицы
35. Нахождение обратной матрицы методом Гаусса-Жордана. Расширенная матрица.
36. СЛАУ. Обусловленность. Метод простых итераций
37. СЛАУ. Метод Гаусса. Модифицированный метод Гаусса
38. Аппроксимация
39. Интерполяция по Лагранжу.
40. Интегрирование. Метод трапеций
41. Интегрирование. Метод прямоугольников вперед, назад, в среднем.
42. Нелинейные уравнения. Метод касательных.
43. Интегрирование. Метод Симпсона.
44. Системы нелинейных уравнений. Метод Ньютона-Рафсона
45. Нелинейные уравнения. Метод простых итераций.
46. Одномерная оптимизация. Метод деления пополам
47. Системы нелинейных уравнений. Метод простых итераций
48. Одномерная оптимизация. Золотое сечение
49. Одномерная оптимизация. Метод деления на три равных отрезка.
50. Многомерная оптимизация. Симплексный метод
51. Многомерная оптимизация. Градиентный метод
52. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера усовершенствованный
53. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера.
54. Дифференциальные уравнения. Метод Рунге-Кутта
55. Дифференциальные уравнения. Метод Эйлера модифицированный
56. Погрешности абсолютные и относительные. Значение цифры числа. Узкий и широкий смысл. Погрешности вычислений. Погрешности функции нескольких переменных

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

Процедура оценивания знаний (тест)

Предлагаемое количество заданий	20
Последовательность выборки	Определена по разделам
Критерии оценки	- правильный ответ на вопрос
«5» если	правильно выполнено 90-100% тестовых заданий
«4» если	правильно выполнено 70-89% тестовых заданий
«3» если	правильно выполнено 50-69% тестовых заданий

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

	<ul style="list-style-type: none"> - изложение материала без фактических ошибок - логика изложения - использование соответствующей терминологии - стиль речи и культура речи - подбор примеров их 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 терминологии

Процедура оценивания умений и навыков (решение проблемно-аналитических и практических учебно-профессиональных задач)

Предлагаемое количество заданий	1
Последовательность выборки	Случайная
Критерии оценки:	<ul style="list-style-type: none"> - выделение и понимание проблемы - умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения - полнота использования источников - наличие авторской позиции - соответствие ответа поставленному вопросу - использование социального опыта, материалов СМИ, статистических данных - логичность изложения - умение сделать квалифицированные выводы и обобщения с точки зрения решения профессиональных задач - умение привести пример - опора на теоретические положения - владение соответствующей терминологией
«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. Затрудняется в формулировании квалифицированных выводов и обобщений
«3» если	требования выполнены частично – пытается обосновать свою точку зрения, однако слабо аргументирует научные положения, практически не способен самостоятельно сформулировать выводы и обобщения, не видит связь с профессиональной деятельностью

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

4.1. Электронные и (или) печатные учебные издания

1. Плохотников, К. Э. Базовые разделы математики для бакалавров в среде MATLAB: учебное пособие / Плохотников К.Э., - 2-е изд. - Москва :НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 1114 с. (Высшее образование)ISBN 978-5-16-106605-8 (online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966050>. – Режим доступа: по подписке.
2. Красавин, А. В. Компьютерный практикум в среде matlab : учебное пособие для вузов / А. В. Красавин, Я. В. Жумагулов. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 277 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08509-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/541314>.
3. Компьютерные программы для решения задач многоцелевой оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов / В. А. Холоднов, Д. А. Краснобородько, Р. Ю. Кулишенко, М. Ю. Лебедева. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 196 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14875-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/544212>.

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 расписании учебных занятий и расписании промежуточной аттестации.