

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.04.03 Методы оптимизации

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль): Прикладное программирование и информационные системы

Квалификация (степень): бакалавр

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: математики и методики её преподавания

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	II		
Семестр/триместр	3, 4		

Лекции	36		
Лабораторные занятия	18		
Практические (семинарские) занятия	36		
в т. ч. практическая подготовка	-		
Форма(ы) промежуточной аттестации	Зачет, Зачет с оценкой		
Контроль	-		
Иные формы работы	-		
Самостоятельная работа	234		

Всего часов: 324

Трудоемкость: 9 зачетных единиц

Разработчик рабочей программы: кандидат педагогических наук, доцент Р.А. Мельников

I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Цель изучения дисциплины: ознакомить обучающихся с основами современных методов оптимизации.

Задачи изучения дисциплины:

- 1) формирование представлений о моделях в математическом программировании;
- 2) изучение основ теории оптимизации и основных методов решения задач математического программирования.

Место дисциплины в структуре ОПОП: реализуется в рамках обязательной части блока Б1. Дисциплины (модули).

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1	Знать: - факты, концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой;	Знает: – базовые понятия методов оптимизации; – основные методы решения задач по различным разделам и темам дисциплины;
	Уметь: - разрабатывать алгоритмы, вычислительные модели и модели данных для решения научно-исследовательских задач;	Умеет: - применять понятия оптимизации для решения задач; - разрабатывать и применять алгоритмы для выполнения практических заданий; - выделять и систематизировать способы решения задач;
	Владеть: - навыками применения математического аппарата для решения научно-исследовательских задач.	Владеет: – понятийным аппаратом методов оптимизации; – техникой применения методов оптимизации для исследования проблем, возникающих при решении прикладных задач.
ОПК-3	Знать: - основы дискретной математики, численных методов, теории вероятностей и математической статистики, методы оптимизации и оптимального управления.	Знает: – ключевые понятия и методы решения задач оптимизационных задач математического программирования.
	Уметь: - адаптировать стандартные математические модели к решению конкретных научно-исследовательских задач.	Умеет: – составлять вычислительные модели оптимизации при решении научно-исследовательских задач.

	Владеть: - методами математического, информационного и имитационного моделирования по тематике выполняемых научных исследований.	Владеет: – основными приемами оптимизации решений научно-исследовательских задач.
--	---	--

II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	Раздел 1. Методы одномерной и многомерной оптимизации	32	4	4		24
1.	Тема 1. Виды ограничений. Критерии оптимальности. Классификация задач. Минимизация функций. Задача безусловной оптимизации. Дифференцируемость функций на R^n . Элементы теории квадратичных форм. Матрица Гессе. Необходимое и достаточное условие минимума в задаче без ограничений.	16	2	2		12
2.	Тема 2. Задачи условной оптимизации. Задачи с ограничениями в виде равенств. Условная оптимизация. Метод множителей Лагранжа.	16	2	2		12
	Раздел 2. Элементы выпуклой оптимизации	32	4	4		24
3.	Тема 3. Выпуклые функции. Неравенство Йенсена. Надграфик (эпиграф) и подграфик (гипограф) выпуклой функции. Критерии выпуклости дифференцируемой и дважды дифференцируемой функции.	16	2	2		12
4.	Тема 4. Выпуклая задача оптимизации. Необходимые и достаточные условия минимума в задаче выпуклого программирования минимума (условия Слейтера).	16	2	2		12
	Раздел 3. Численные методы оптимизации	16	2	2		12
5.	Тема 5. Численные методы минимизации функции одной переменной. Унимодальные функции. Метод перебора. Метод деления интервала пополам. Метод золотого сечения.	16	2	2		12
	Раздел 4. Элементы вариационного исчисления	64	8	8		48
6.	Тема 6. Постановка простейшей вариационной задачи. Понятие функционала. Постановка простейшей вариационной задачи. Интегрант функционала. Лемма Дюбуа-Реймонда.	16	2	2		12
7.	Тема 7. Вариация функционала и её свойства. Уравнение Эйлера. Уравнение Эйлера в интегральной форме. Экстремали функционала.	16	2	2		12

	Условие Гильберта.					
8.	Тема 8. Некоторые обобщения простейшей вариационной задачи. Функционалы, зависящие от старших производных. Уравнение Эйлера-Пуассона.	16	2	2		12
9.	Тема 9. Изопериметрическая задача. Задача Дидоны.	16	2	2		12
	<i>Итого за 3 семестр</i>	144	18	18		108
	Раздел 5. Введение в линейное программирование	40	4	4	4	28
10.	Тема 10. Основные понятия. Простейшие задачи ЛП. Примеры текстовых задач, приводящих к задачам ЛП. Задача об использовании сырья. Задача о составлении рациона. Замена неравенств уравнениями. Общая задача линейного программирования. Каноническая задача ЛП.	20	2	2	2	14
11.	Тема 11. Графический метод решения задачи линейного программирования. Сведение задачи ЛП с количеством переменных, большим двух, к задаче, решаемой графическим методом.	20	2	2	2	14
	Раздел 6. Симплекс-метод	40	4	4	4	28
12.	Тема 12. Основные понятия, связанные с симплекс-методом решения задач ЛП: базисные и свободные переменные, начальный допустимый вектор, смена базиса, разрешающий элемент.	20	2	2	2	14
13.	Тема 13. Решение задачи об использовании сырья симплекс-методом. Метод искусственного базиса.	20	2	2	2	14
	Раздел 7. Двойственность в линейном программировании	40	4	4	4	28
14.	Тема 14. Понятие двойственности. Несимметричные и симметричные двойственные задачи.	20	2	2	2	14
15.	Тема 15. Виды математических моделей двойственных задач. Теоремы двойственности.	20	2	2	2	14
	Раздел 8. Целочисленное программирование	20	2	2	2	14
16.	Тема 16. Постановка задачи и метод Гомори. Составление дополнительного ограничения. Полностью целочисленные задачи.	20	2	2	2	14
	Раздел 9. Транспортная задача	40	4	4	4	28
17.	Тема 17. Постановка задачи и ее математическая модель. Закрытая модель транспортной задачи. Понятие о матрице планирования.	20	2	2	2	14
18.	Тема 18. Построение первоначального опорного плана. Метод северо-западного угла, метод минимальной стоимости, метод двойного предпочтения, метод Фогеля. Метод потенциалов.	20	2	2	2	14
	<i>Итого за 4 семестр</i>	180	18	18	18	126
	ИТОГО:	324	36	36	18	234

Очно-заочная форма обучения (не реализуется)

Заочная форма обучения (не реализуется)

III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Текущая аттестация проводится в форме контрольных работ и теста.

Типовой вариант контрольной работы

3 семестр

1. Исследовать градиентным методом на экстремум функцию $f(x) = (x^2 + 3)^3$.
2. Найти методом перебора минимальное значение f^* и точку минимума x^* функции $f(x) = \sqrt{1+x^2} + e^{-2x}$ на отрезке $[0; 1]$. Точку x^* найти с погрешностью $\varepsilon = 0,1$.
3. Найти экстремали функционала $J[y] = \int_{-1}^0 (12xy - y'^2) dx$; $y(-1) = 1$, $y(0) = 0$.

4 семестр

1. Решить графическим методом задачу линейного программирования

$$f_{\min} = x_1 - 2x_2 \text{ при } \begin{cases} -x_1 + x_2 \leq 0, \\ 2x_1 + x_2 \leq 3, \\ x_1 - x_2 \leq 1, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

2. Симплекс-методом решить задачу линейного программирования

$$f_{\max} = x_1 + x_2 \text{ при } \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 9, \\ -4x_1 + 7x_2 + x_4 = 4, \\ 5x_1 - 6x_2 + x_5 = 6, \\ x_j \geq 0. \end{cases}$$

3. Составить и решить двойственную задачу. Сделать вывод о решении исходной задачи

$$f_{\max} = 3x_1 + 3x_2 \text{ при } \begin{cases} 5x_1 - 4x_2 \geq -2, \\ x_1 + 2x_2 \geq 6, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Примерные варианты тестов

Раздел 5.

№ 1. В задаче об оптимальном распределении ресурсов критерием оптимальности является

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1. максимальная прибыль | 3. минимальная прибыль |
| 2. максимальные издержки | 4. минимальные издержки |

№ 2. В задаче «о рационе питания» критерием оптимальности является

- | | |
|---|--|
| 1. максимальная прибыль | 3. минимальная прибыль |
| 2. максимальная стоимость рациона питания | 4. минимальная стоимость рациона питания |

№3. Задачи об оптимальном распределении ресурсов и «о рационе питания» относятся к задачам

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. нелинейного программирования | 3. динамического программирования |
| 2. целочисленного программирования | 4. линейного программирования |

№4. Система ограничений называется стандартной, если она содержит все знаки

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. \geq | 3. \leq |
| 2. $=$ | 4. $<$ |

№5. Задача линейного программирования решается безоговорочно графическим способом, если в задаче

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. одна переменная | 3. четыре переменные |
| 2. три переменные | 4. две переменные |

№ 6. Неравенство вида $a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 \leq b_i$ описывает

- | | |
|------------------|---------------|
| 1. прямую | 3. окружность |
| 2. полуплоскость | 4. плоскость |

№7. Областью допустимых решений задачи ЛП является

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| 1. вся плоскость | 3. круг |
| 2. выпуклый многоугольник | 4. координатные оси |

№ 8. Максимум или минимум целевой функции находится

- | | |
|---|--|
| 1. на сторонах выпуклого многоугольника решений | 3. внутри выпуклого многоугольника решений |
| 2. в начале координат | 4. в вершинах выпуклого многоугольника решений |

№9. Для приведения задачи ЛП к каноническому виду вводятся

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1. фиктивные переменные | 3. искусственные переменные |
| 2. отрицательные переменные | 4. нулевые переменные |

№10. Если ограничение задано со знаком « \geq », то дополнительная переменная вводится в это ограничение с коэффициентом

- | | |
|-------|------|
| 1. -1 | 3. 0 |
| 2. 1 | 4. M |

№11. В целевую функцию дополнительные переменные вводятся с коэффициентами

- | | | | |
|----|----|----|---|
| 1. | -1 | 3. | 0 |
| 2. | 1 | 4. | M |

Раздел 6. Симплекс-метод

№1. Задача ЛП решается симплексным методом, если в каноническом виде матрица коэффициентов системы ограничений

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. содержит единичную подматрицу | 3. содержит нулевую подматрицу |
| 2. не содержит единичной подматрицы | 4. не содержит нулевой подматрицы |

№2. Значения базисных переменных оптимального плана задачи ЛП находятся в

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. строке оценок | 3. столбце b |
| 2. последнем столбце | 4. первой строке |

№3. Если все искусственные переменные выведены из базиса (метод искусственного базиса) и план не является оптимальным, то для задачи ЛП на \min разрешающий столбец выбирается

- | | |
|---|---|
| 1. по наибольшему положительному числу в $(m+2)$ -й строке | 3. по наибольшему отрицательному числу в $(m+1)$ -ой строке |
| 2. по наименьшему отрицательному числу в $(m+1)$ -ой строке | 4. по наибольшему положительному числу в $(m+1)$ -ой строке |

№4. Метод искусственного базиса используется, если матрица коэффициентов при неизвестных системы ограничений в каноническом виде

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. содержит единичную подматрицу | 3. содержит диагональную подматрицу |
| 2. не содержит единичную подматрицу | 4. не содержит диагональную подматрицу |

№5. При решении задачи ЛП методом искусственного базиса первоначальный опорный план содержит

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. только дополнительные переменные | 3. искусственные и дополнительные переменные |
| 2. только свободные переменные | 4. дополнительные и свободные переменные |

№6. При решении задачи ЛП методом искусственного базиса оценки $Z_j - C_j$ размещаются в

- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1. одной строке | 3. трех строках |
| 2. двух строках | 4. четырех строках |

№7. Оптимальность плана в симплексной таблице определяется

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. по столбцу b | 3. по разрешающей строке |
| 2. по строке $Z_j - C_j$ | 4. по разрешающему столбцу |

№8. Если при решении задачи ЛП на \max симплексным методом в строке оценок все разности $Z_j - C_j \geq 0$, то соответствующий план будет

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. неотрицательным | 3. невырожденным |
| 2. оптимальным | 4. отрицательным |

Раздел 7. Двойственность

№1. Если исходная задача ЛП имеет вид $Z_{max} = CX, AX \leq B; X \geq 0$, то ограничения симметричной двойственной задачи имеют вид

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. $YA \leq C, Y \leq 0$ | 3. $YA \leq B, X \geq 0$ |
| 2. $YA \geq C, Y \geq 0$ | 4. $YA \geq B, Y \geq 0$ |

№2. Коэффициентами при неизвестных целевой функции двойственной задачи являются

- | | |
|---|---|
| 1. коэффициенты при неизвестных целевой функции исходной задачи | 3. неизвестные исходной задачи |
| 2. свободные члены системы ограничений исходной задачи | 4. коэффициенты при неизвестных системы ограничений исходной задачи |

№3. Свободными членами системы ограничений двойственной задачи являются

- | | |
|---|---|
| 1. неизвестные исходной задачи | 3. свободные члены исходной задачи |
| 2. коэффициенты при неизвестных исходной задачи | 4. коэффициенты целевой функции исходной задачи |

№4. Если исходная задача ЛП была на максимум целевой функции, то двойственная задача будет

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. тоже на максимум | 3. смешанного типа (и на максимум, и на минимум) |
| 2. либо на максимум, либо на минимум | 4. на минимум |

№5. Если исходная задача ЛП была на минимум целевой функции, то двойственная задача будет

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. на максимум | 3. смешанного типа (и на максимум, и на минимум) |
| 2. либо на максимум, либо на минимум | 4. тоже на минимум |

№6. При составлении симметричной пары двойственных задач, если исходная задачи ЛП $Z_{max} = CX, AX \leq B, X \geq 0$, то двойственная задача имеет вид

- | | |
|--|--|
| 1. $T_{max} = YB, YA = C, Y \leq 0$ | 3. $T_{min} = BY, YA \geq C, Y \geq 0$ |
| 2. $T_{min} = YB, YA \geq C, Y \geq 0$ | 4. $T_{min} = BY, YA \leq C, Y \geq 0$ |

№7. При решении прямой задачи ЛП решение двойственной задачи в симплекс-таблице с оптимальным планом получается

- | | |
|--|---|
| 1. на пересечении столбца свободных членов и строки оценок | 3. на пересечении строки оценок и столбцов, соответствующих начальному базису ЗЛП |
| 2. на пересечении последнего столбца и строки оценок | 4. на пересечении первой строки и столбцов, соответствующих начальному базису ЗЛП |

№8. Если одна из пары двойственных задач обладает оптимальным планом, то другая

- | | |
|--|---|
| 1. имеет оптимальное решение и $Z_{min} = T_{max}$ или $Z_{max} = T_{min}$ | 3. имеет оптимальное решение и $Z_{min} = T_{min}$ |
| 2. не имеет решения и $Z_{min} \neq T_{max}$ или $Z_{max} \neq T_{min}$ | 4. не имеет решения и $Z_{min} = T_{max}$ или $Z_{max} = T_{min}$ |

№9. Если исходная задача ЛП имеет вид $Z_{\max} = CX$, $AX \leq B$, $X \geq 0$, то целевая функция симметричной двойственной задачи имеет вид

- | | | | |
|----|-----------------|----|-----------------|
| 1. | $T_{\max} = BX$ | 3. | $T_{\max} = BY$ |
| 2. | $T_{\min} = YB$ | 4. | $T_{\max} = YB$ |

№10. Если в исходной задаче ЛП система ограничений в матричной форме имеет вид $AX \leq B$, то в двойственной задаче она примет вид

- | | | | |
|----|-------------|----|-------------|
| 1. | $AX \geq B$ | 3. | $YA \leq B$ |
| 2. | $YA \geq C$ | 4. | $YA \leq C$ |

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме зачета и зачета с оценкой с использованием следующих оценочных материалов:

Вопросы к зачету (3 семестр, очная форма обучения)

1. Виды ограничений.
2. Критерии оптимальности.
3. Классификация задач.
4. Минимизация функций.
5. Задача безусловной оптимизации.
6. Дифференцируемость функций на R^n .
7. Элементы теории квадратичных форм.
8. Матрица Гессе.
9. Необходимое и достаточное условие минимума в задаче без ограничений.
10. Задачи с ограничениями в виде равенств.
11. Условная оптимизация. Метод множителей Лагранжа.
12. Выпуклые функции.
13. Неравенство Йенсена.
14. Эпиграф и гипограф выпуклой функции.
15. Критерии выпуклости дифференцируемой и дважды дифференцируемой функции.
16. Выпуклая задача оптимизации.
17. Необходимые и достаточные условия минимума в задаче выпуклого программирования минимума (условия Слейтера).
18. Численные методы минимизации функции одной переменной.
19. Унимодальные функции.
20. Метод перебора.
21. Метод деления интервала пополам.
22. Метод золотого сечения.
23. Постановка простейшей вариационной задачи.
24. Задачи о катеноиде и брахистохроне
25. Понятие функционала.
26. Постановка простейшей вариационной задачи.
27. Интегрант функционала. Лемма Дюбуа-Реймонда.
28. Вариация функционала и её свойства.
29. Уравнение Эйлера.
30. Уравнение Эйлера в интегральной форме.
31. Экстремали функционала.
32. Условие Гильберта.
33. Некоторые обобщения простейшей вариационной задачи.
34. Функционалы, зависящие от старших производных.

35. Уравнение Эйлера-Пуассона.
36. Изопериметрическая задача. Задача Дидоны.

Вопросы к зачету с оценкой (4 семестр, очная форма обучения)

1. Основные понятия. Простейшие задачи линейного программирования.
2. Примеры текстовых задач, приводящих к задачам линейного программирования.
3. Общая задача линейного программирования.
4. Каноническая задача линейного программирования.
5. Выпуклые множества.
6. Графический метод решения задачи линейного программирования.
7. Геометрическая интерпретация графического метода решения задачи линейного программирования.
8. Свойства решений задачи линейного программирования.
9. Сведение задачи линейного программирования с количеством переменных, большим двух, к задаче, решаемой графическим методом.
10. Основные понятия, связанные с симплекс-методом решения задач линейного программирования: базисные и свободные переменные, начальный допустимый вектор, смена базиса, разрешающий элемент.
11. Симплекс-таблица и правила работы с ней.
12. Приемы сведения задачи линейного программирования к канонической задаче и решение её симплекс-методом.
13. Решение задачи об использовании сырья симплекс-методом.
14. Геометрическая интерпретация симплекс-метода.
15. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования.
16. Метод искусственного базиса.
17. Понятие двойственности. Двойственность при графическом решении задачи линейного программирования.
18. Несимметричные двойственные задачи.
19. Симметричные двойственные задачи.
20. Виды математических моделей двойственных задач. Теоремы двойственности.
21. Постановка целочисленной задачи и метод Гомори. Полностью целочисленные задачи
22. Постановка транспортной задачи и ее математическая модель, построение первоначального опорного плана. Закрытая модель транспортной задачи.
23. Понятие о матрице планирования. Построение первоначального опорного плана.
24. Метод северо-западного угла, метод минимальной стоимости.
25. Метод двойного предпочтения.
26. Метод Фогеля. Метод потенциалов.

IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Основная литература

1. Балдин К.В. Математическое программирование : учебник / К.В. Балдин, Н.А. Брызгалов, А.В. Рукоусев ; под общ. ред. К.В. Балдина. – 2-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2018. – 218 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=112201>
2. Фомина Т.П. Методы оптимизации : учебно-методическое пособие : [16+] / Т.П. Фомина ; Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского». –

Липецк : Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. – 128 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576642>

4.2. Дополнительная литература

1. Самков Т.Л. Математические методы исследования экономики и математическое программирование : учебное пособие : [16+] / Т.Л. Самков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 115 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575280>
2. Шапкин А.С. Задачи с решениями по высшей математике, теории вероятностей, математической статистике, математическому программированию : учебное пособие / А.С. Шапкин, В.А. Шапкин. – 9-е изд., стер. – Москва : Дашков и К°, 2020. – 432 с. : ил. – (Учебные издания для бакалавров). – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573151>

У. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://exponenta.ru	Образовательный математический сайт	Свободный доступ
2.	http://ilib.mccme.ru	ЭБ с книгами по математике.	Неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет

У. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	http://www.biblioclub.ru	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем индивидуальный неограниченный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm	EqWorld Мир математических уравнений	Свободный доступ

VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе, оснащённом:

- Персональными компьютерами обучающихся;
- Персональным компьютером преподавателя;
- Интерактивной доской SmartBoard SBM680 (диагональ 77");
- Мультимедийным проектором Smart V30;
- МФУ HP LaserJet Pro MFP M426fdn;
- Сетевое оборудование: коммутатор D-Link DES-1100-16 (16 портов);
- Лицензионное ПО:

Microsoft Windows 10 Pro REGARD

Kaspersky Endpoint Security 11

(Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition. 250-499 Node 2 year Educational Renewal Li-cense

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащённых компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.