

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-
Российского университета


Ю.В. Машин

«10» 12 2019 г.

Регистрационный № УД-010304/Б.1.0.18/р.

ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Направленность (профиль) Разработка программного обеспечения

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	2
Семестр	4
Лекции, часы	34
Практические занятия, часы	34
Экзамен, семестр	4
Контактная работа по учебным занятиям, часы	68
Самостоятельная работа, часы	40
Всего часов / зачётных единиц	108/3

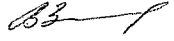
Кафедра-разработчик программы: «Высшая математика»

Составитель: А.М. Бутома, старший преподаватель,
(И.О. Фамилия, учёная степень, учёное звание)

Л.И. Сотская, канд. физ-мат. наук, доцент
(И.О. Фамилия, учёная степень, учёное звание)

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика № 11 от 10.01.2018 г., учебным планом рег. № 010304-1 от 25.10.2019 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Высшая математика» 28.11.2019 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  В.Г. Замураев

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом Белорусско-Российского университета

«18» декабря 2019 г., протокол № 3.

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С.А. Сухоцкий

Рецензент:

И.В. Марченко, зав. кафедры алгебры, геометрии и дифференциальных уравнений
(И.О. Фамилия, должность, учёная степень, учёное звание рецензента)

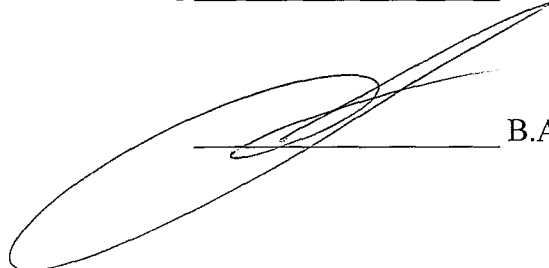
УО «МГУ имени А. А. Кулешова», кандидат физико-математических наук.
(И.О. Фамилия, должность, учёная степень, учёное звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического
отдела

 В.А. Кемова

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

развитие у студентов алгоритмического и аналитического мышления; формирование навыков, необходимых для изучения, анализа, прогнозирования и управления процессами, происходящими в технике, экономике.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- классические понятия вариационного исчисления: функционал и его вариации, определение вариации с помощью производной, уравнение Эйлера;
- основные понятия и методы теории оптимального управления сосредоточенными и распределёнными системами; методы синтеза оптимального управления;
- классическую и современную литературу по вариационному исчислению и оптимальному управлению.

уметь:

- анализировать ситуацию, выбирать математические модели, проверять адекватность моделей исследуемым процессам;
- формулировать постановки задач моделирования для функционалов различного вида;
- применять вариационный подход к моделированию процессов, происходящих в технике и экономике;
- разрабатывать алгоритмы и применять методы оптимального управления к решению практических задач в технике и экономике.

владеть:

- навыками анализа ситуации, моделирования процессов и формулировки вариационных задач, в том числе задач оптимального управления;
- навыками применения методов вариационного исчисления и оптимального управления к решению задач.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 "Дисциплины (модули)" (Обязательная часть).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- Математический анализ;
- Аналитическая геометрия;
- Обыкновенные дифференциальные уравнения;

Перечень учебных дисциплин, которые будут опираться на данную дисциплину:

- Математическое программирование;
- Исследование операций и теория игр;
- Математическое моделирование в естествознании, технике и экономике.

Кроме того, результаты изучения дисциплины используются в ходе практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
------------------------------	--------------------------------------

ОПК-2	Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем
ОПК-3	Способен использовать и развивать методы математического моделирования и применять аналитические и научные пакеты прикладных программ
ПК-1	Способен формулировать постановки задач моделирования, осуществлять анализ математических моделей и проверять их корректность
ПК-2	Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщённых результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	Задачи, приводящие к вариационным формулировкам.	Рассмотрение различных задач, приводящих к поиску максимума или минимума некоторой интегральной величины.	ОПК-2, ПК-1
2	Основы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.	Линейные нормированные и банаховы пространства. Непрерывность и дифференцируемость функционала. определённого на нормированном пространстве. Дифференциалы Фреше и Гато, первая вариация.	ОПК-2, ОПК-3
3	Основные леммы вариационного исчисления.	Экстремум функционала, необходимое условие экстремума функционала. Основные леммы вариационного исчисления.	ОПК-2, ОПК-3
4	Вариационные задачи с фиксированными границами.	Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнения Эйлера. Функционалы от нескольких функций. Функционалы с производными высшего порядка. Функционалы от функции нескольких переменных. Канонический вид уравнений Эйлера.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
5	Простейшие задачи вариационного исчисления с подвижными границами.	Вариационные задачи с подвижными концами. Естественные краевые условия. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности. Экстремали с угловыми точками. Условия Вейерштрасса -Эрдмана.	ОПК-2, ПК-1

6	Вариационные задачи на условный экстремум.	Основные типы задач на условный экстремум. Задача Лагранжа. Изопериметрическая задача. Необходимые условия экстремума в задаче Лагранжа. Необходимые условия экстремума в изопериметрической задаче. Задача Больца и задача Майера.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
7	Достаточные условия экстремума.	Квадратичный функционал. Вторая вариация функционала. Слабый экстремум. Условие Лежандра. Уравнение Якоби. Сильный экстремум.	ОПК-2, ПК-1
8	Задача оптимального управления.	Постановка задачи оптимального управления. Критерии качества. Задача Лагранжа в форме Понтрягина.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
9	Вариационные методы в задачах оптимального управления.	Линейные задачи оптимального управления. Уравнения возмущённого движения. Вариационные методы в задачах оптимального управления.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1
10	Принцип максимума.	Автономная система управления. Формулировка принципа максимума. Сопряжённая система. Функция Понтрягина.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
11	Задача синтеза управления.	Задача быстрогодействия. Линейная задача оптимального быстрогодействия. Задача синтеза управления.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
12	Задача с подвижными концами.	Задача с подвижными концами. Неавтономные системы. Понятие особого управления.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
13	Формулировка вариационных задач.	Операторное уравнение. Вариационное уравнение.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
14	Построение функционала по вариационному уравнению.	Примеры построения функционала по вариационному уравнению. Исследование выпуклости функционала.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
15	Методы решения вариационных задач.	Минимизирующие последовательности. Классическое и обобщённое решения.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
16	Методы приближённого решения вариационных задач.	Метод Рунге решения вариационных задач. Собственные значения симметричного оператора. Приближённое решение задачи на собственные значения.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2
17	Двойственные вариационные задачи.	Альтернативные функционалы. Построение альтернативного функционала. Оценка погрешности приближённого решения.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Самостоятельная работа, часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
Модуль 1							
1	Тема 1. Задачи, приводящие к вариационным проблемам.	2	Пр. р. 1. Задачи вариационного исчисления.	2			
2	Тема 2. Основы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.	2	Пр. р. 2. Пространства функций, вычисление норм в различных функциональных пространствах.	2			
3	Тема 2. Основы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.	2	Пр. р. 3. Непрерывность и дифференцируемость функционалов.	2			
4	Тема 2. Основы дифференциального исчисления в линейных нормированных пространствах.	2	Пр. р. 4. Первая вариация функционала.	2			
5	Тема 3. Основные леммы вариационного исчисления.	2	Пр. р. 5. Экстремум функционала. Необходимое условие экстремума.	2			
6	Тема 4. Вариационные задачи с фиксированными границами.	2	Пр. р. 6. Уравнения Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления.	2			
7	Тема 4. Вариационные задачи с фиксированными границами.	2	Пр. р. 7. Функционалы, зависящие от нескольких функций	2	2		
8	Тема 4. Вариационные задачи с фиксированными границами.	2	Пр. р. 8. Функционалы, зависящие от производных высшего порядка (уравнения Эйлера-Пуассона)	2		КР ПКУ	30 30
Модуль 2							
9	Тема 4. Вариационные задачи с фиксированными границами.	2	Пр. р. 9. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных (уравнения Эйлера-Остроградского)	2			
10	Тема 5. Простейшие задачи вариационного исчисления с подвижными границами.	2	Пр. р. 10. Задачи с подвижными концами. Естественные условия.	2			
11	Тема 5. Простейшие задачи вариационного исчисления с	2	Пр. р. 11. Задачи с подвижными границами.	2			

	подвижными границами.		Условия трансверсальности.				
12	Тема 6. Вариационные задачи на условный экстремум.	2	Пр. р. 12. Задачи на условный экстремум.	2			
13	Тема 6. Вариационные задачи на условный экстремум.	2	Пр. р. 13. Задача Лагранжа и изопериметрическая задача.	2			
14	Тема 7. Достаточные условия экстремума.	2	Пр. р. 14. Достаточные условия экстремума функционала. Задача Лагранжа в форме Понತ್ರягина.	2			
15	Тема 9. Вариационные методы в задачах оптимального управления.	2	Пр. р. 15. Постановка линейных задач оптимального управления.	2			
16	Тема 13. Формулировка вариационных задач.	2	Пр. р. 16. Операторное уравнение. Вариационное уравнение.	2	2		
17	Тема 14. Построение функционала по вариационному уравнению.	2	Пр. р. 17. Построение функционала по вариационному уравнению.	2		ЗИЗ ПКУ	30 30
18-20					36	ПА (экзамен)	40
	Итого	34		34	40		100

Принятые обозначения:

Текущий контроль –

КР – контрольная работа;

ЗИЗ – защита индивидуального задания;

ПКУ – промежуточный контроль успеваемости.

ПА - Промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Экзамен

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий		Всего часов
		Лекции	Практические занятия	
1	Традиционные	1-14	1-17	68
	ИТОГО	34	34	68

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к экзамену	1
2	Экзаменационные билеты	1
3	Тестовые (контрольные) задания	1
4	Индивидуальные задания	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня*	Результаты обучения**
<i>Компетенция</i> ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем			
<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i> ОПК-2.10 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач методы и модели вариационного исчисления и теории оптимального управления, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надёжность и качество функционирования систем.			
1	Пороговый уровень	Знать основные определения и теоремы вариационного исчисления и оптимального управления. Уметь выбирать математические модели для исследуемых процессов, аналогичных ранее изученным; критерии для проверки адекватности предлагаемой модели реальному процессу.	Уметь распознавать математические объекты и свойства исследуемых объектов. Предлагать адекватные математические модели.
2	Продвинутый уровень	Уметь дорабатывать известные математические модели и проверять адекватность моделей исследуемому процессу. анализировать результаты и качество предлагаемой модели.	Уметь применять модели, которые не являются типичными, но знакомы студентам или выходят за рамки известного лишь в небольшой степени.
3	Высокий уровень	Знать и понимать	Уметь дорабатывать

		актуальные проблемы вариационного исчисления и оптимального управления, выходящие за рамки учебной информации; уметь дорабатывать аналогичные ранее изученным математические модели; уметь проверять адекватность предлагаемых моделей исследуемым процессам.	и применять математические модели; уметь объяснять, анализировать и интерпретировать полученные результаты.
<i>Компетенция</i> ОПК-3 Способен использовать и развивать методы математического моделирования и применять аналитические и научные пакеты прикладных программ			
<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i> ОПК-3.6 Способен использовать и развивать методы вариационного исчисления и теории оптимального управления при решении задач математического моделирования.			
1	Пороговый уровень	Знать основные теоремы и методы для решения различных вариационных задач и задач оптимального управления. Уметь выбирать математические методы вариационного исчисления и теории оптимального управления в зависимости от выбранной математической модели.	Уметь применять изученные методы для решения известных задач вариационного исчисления и оптимального управления.
2	Продвинутый уровень	Знать доказательства применимости методов вариационного исчисления и теории оптимального управления к различным моделям. Уметь дорабатывать известные методы вариационного исчисления и теории оптимального управления в зависимости от выбранной математической модели.	Уметь применять доработанные методы решения вариационных задач и задач оптимального управления, к моделям, которые не являются типичными, но знакомы студентам или выходят за рамки известного лишь в небольшой степени.
3	Высокий уровень	Знать и понимать актуальные методы решения задач, выходящих за рамки учебной	Уметь использовать новые, не аналогичные ранее изученным, методы;

		информации; уметь предлагать новые методы, проверять и доказывать их применимость к исследуемым процессам.	уметь объяснять, анализировать и оценивать значимость предлагаемых методов.
<i>Компетенция ПК-1</i> Способен формулировать постановки задач моделирования, осуществлять анализ математических моделей и проверять их корректность			
<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции ПК-1.4</i> Способен использовать знание вариационного исчисления и теории оптимального управления при постановке задач моделирования и анализе математических моделей			
1	Пороговый уровень	Знать и понимать основные определения, леммы и теоремы вариационного исчисления и оптимального управления. Уметь найти необходимую информацию и использовать её для постановки задач моделирования вариационных задач и задач оптимального управления.	Уметь применять знания, полученные в ходе изучения предмета при постановке задач моделирования типичных процессов.
2	Продвинутый уровень	Знать доказательства, области применимости задач вариационного исчисления и теории оптимального управления к различным моделям.	Уметь применять модели процессов, которые не являются типичными, но знакомы студентам или выходят за рамки известного лишь в небольшой степени.
3	Высокий уровень	Знать и понимать актуальные вопросы постановки моделей задач вариационного исчисления и оптимального управления. Уметь дорабатывать известные модели для постановки задач изучаемых процессов., проверять и доказывать их применимость к исследуемым процессам.	Уметь применять модели для постановки задач изучаемых процессов; уметь объяснять, анализировать и интерпретировать предлагаемые модели.
<i>Компетенция ПК-2</i> Способен обоснованно выбирать методы решений поставленных математических задач, разрабатывать алгоритмы решений, реализовывать алгоритмы в виде программ, анализировать результаты			

<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции ПК-2.8</i> Способен применять знание вариационного исчисления и теории оптимального управления при выборе аналитических или алгоритмических методов решений задач, осуществлять поиск решений, анализировать результаты.			
1	Пороговый уровень	Знать и понимать основные определения, леммы и теоремы вариационного исчисления и оптимального управления. Уметь найти необходимую информацию и использовать её при выборе методов решения задач.	Уметь применять знания, полученные в ходе изучения предмета при выборе методов решения задач моделирования типичных процессов.
2	Продвинутый уровень	Знать доказательства, области применимости методов решения задач вариационного исчисления и теории оптимального управления. Уметь усовершенствовать известные аналитические и алгоритмические методы решения задач с учётом исследуемой проблемы.	Уметь применять усовершенствованные методы решения задач, которые не являются типичными, но знакомы студентам или выходят за рамки известного лишь в небольшой степени.
3	Высокий уровень	Знать и понимать актуальные вопросы вариационного исчисления и оптимального управления, выходящие за рамки учебной информации; уметь предлагать новые модели, методы решения; проверять и доказывать их применимость к исследуемым процессам.	Уметь предлагать новые модели и новые методы, отличающиеся от ранее изученных; уметь объяснять, анализировать и интерпретировать предлагаемые модели и методы.

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства
<i>Компетенция ОПК-2</i>	
Пороговый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Продвинутый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Высокий уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания

<i>Компетенция ОПК-3</i>	
Пороговый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Продвинутый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Высокий уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
<i>Компетенция ПК-1</i>	
Пороговый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Продвинутый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Высокий уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
<i>Компетенция ПК-2</i>	
Пороговый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Продвинутый уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания
Высокий уровень	Тестовые (контрольные) задания Индивидуальные задания

5.3 Критерии оценки практических занятий

Оценка эффективности усвоения студентом материала, пройденного на практических занятиях, осуществляется с помощью контрольной работы (КР) или индивидуального задания (ЗИЗ). Каждая контрольная работа или индивидуальное задание оценивается по шкале от 0 до 30 баллов.

Оценка за контрольную работу или за индивидуальное задание преподавателем определяется на основе ответов на вопросы и решения задач студентом. При этом студент получает:

20% от максимального числа баллов за задание в случае, когда продемонстрировано полное незнание изученного материала, отсутствие элементарных умений и навыков;

40% от максимального числа баллов за задание в случае, когда допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не обладает обязательными умениями по данной теме в полной мере;

60% от максимального числа баллов за задание в случае, когда допущено более одной ошибки, но студент обладает обязательными умениями по проверяемой теме;

80% от максимального числа баллов за задание в случае, когда оно выполнено полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать рассуждения не являлось специальным объектом проверки), допущена одна незначительная ошибка;

100% от максимального числа баллов за задание в случае, когда оно выполнено полностью, в логических рассуждениях и обосновании решения нет пробелов и ошибок, в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, которая не является следствием незнания или непонимания учебного материала).

5.6 Критерии оценки экзамена

Согласно подразделу 2.2 итоговая экзаменационная оценка определяется в результате установления соответствия между суммой баллов промежуточного контроля успеваемости и промежуточной аттестации (экзамена) и оценкой по пятибалльной шкале.

Промежуточный контроль успеваемости оценивается до 60 баллов, а текущая аттестация – до 40 баллов.

Оценка	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Баллы	87-100	65-86	51-64	0-50

В рамках экзамена студент получает:

0–7 балла за фрагментарные знания по базовым вопросам в объёме рабочей программы, недостаточными для усвоения последующих дисциплин, неуверенное использование терминологии, неумение решать типовые задачи;

1–10 балла – за фрагментарные знания по базовым вопросам в объёме рабочей программы, недостаточными для усвоения последующих дисциплин, неуверенное использование терминологии, неумение решать типовые задачи под руководством преподавателя; грубые ошибки в рассуждениях или в решении задачи;

11–23 баллов – за владение базовыми знаниями (знает основные понятия, владеет терминологией) в объёме рабочей программы, достаточными для усвоения последующих дисциплин, умение решать простейшие типовые задачи;

24–32 баллов за полные знания в объёме рабочей программы, правильное использование терминологии, способность решать типовые задачи учебной дисциплины;

33–40 баллов за систематизированные, глубокие и полные знания в объёме рабочей программы, точное использование научной терминологии и свободное владение инструментарием учебной дисциплины, умение анализировать и применять теоретические знания при самостоятельном решении типовых учебных задач и задач повышенной сложности, способность делать обоснованные выводы.

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- конспектирование;
- решение задач и упражнений по образцу;
- работа с лекционными материалами, включая основную и дополнительную литературу, которые представлены в пунктах 7.1 и 7.2;
- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- работа со справочной литературой;
- выполнение контрольных работ;
- подготовка к аудиторным занятиям и контрольным работам;
- подготовка к экзамену.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

Перечень методических указаний приведен в п. 7.4.1 и они хранятся в кабинете математики (к. 405). Кроме того, их электронные варианты представлены в университетской сети Интернет по адресу: eco.bru.by.

По адресу sdo.bru.by (учебные материалы), находится разработанный на кафедре электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК), который включает:

- курс лекций;
- методические рекомендации для практических занятий;
- примеры контрольных заданий

- вопросы к экзаменам,
- образцы экзаменационных билетов;
- список литературы.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Матвеев А.С. Введение в математическую теорию оптимального управления [Электронный ресурс]: учебник.– СПб: СПбГУ, 2018. – 194 с.– (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: http://znanium.com/	нет	ЭБС «Znanium»
2	Авербух Ю.В., Серезникова Т.И. Простейшие задачи вариационного исчисления [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие. – М.: ФЛИНТА, 2018. – 41 с.– (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: http://znanium.com/	Рекомендовано методическим советом УрФУ в качестве учебно-методического пособия для студентов высших учебных заведений	ЭБС «Znanium»

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: Инфра-М, 2013. – 270 с.– (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: http://znanium.com/	Рекомендовано Министерством Образования РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений	ЭБС «Znanium»
2	Романко В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. – 347 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: http://znanium.com/	нет	ЭБС «Znanium»
3	Агаханов Н. Х., Власов В.В., Романко В.К., Коваленко Л.И. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению [Электронный ресурс]: учебное пособие. М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015. – 222 с. – Режим доступа:	нет	ЭБС «Znanium»

	http://znanium.com/		
4	Власов В. А. Толоконский А. О. Методы оптимизации и оптимального управления [Электронный ресурс]: учебное пособие. – М.:НИЯУ "МИФИ", 2013. -- 88 с. – Режим доступа: http://znanium.com/	нет	ЭБС «Znanium»

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине
Eco.bru.by, cdo.bru.by, exponenta.ru, википедия, <http://www.intuit.ru>

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1 Сотская Л.И, Бутома А.М. Вариационное исчисление и оптимальное управление. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 01.03.04 дневной и заочной форм обучения. Могилев, Белорусско-Российский университет, 2019 (электронный вариант).

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

Свободно распространяемое ПО Open Office

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «ПУЛ 4», рег. номер 535-405/1-19.