Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ганеев Винер Валиахметович
Должность: Директор
Дата подписания: 02.11.2026 14:28:19
Уникальный программный ключ:
fceab25d7092f3bff743e8ad3f8d57fddc1f5e66

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»

Бирский филиал

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан
подписано ЭЦП Гайсин Ф.Р.
(подпись, инициалы, фамилия)

«26» 02 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Управление процессами нагрева с технологическими ограничениями
(наименование дисциплины)

ОПОП ВО программа бакалавриата
01.03.02 Прикладная математика и информатика
шифр и наименование направления подготовки (специальности)

направленность (профиль, специализация)

Математическое моделирование и управление процессами и системами
наименование направленности (профиля, специализации)

форма обучения
очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Бирск 2026 г.

Рабочая программа составлена на основании учебного плана основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика профиль Математическое моделирование и управление процессами и системами, одобренного ученым советом Бирского филиала Уфимского университета науки и технологий (протокол №7 от 27.02.2026 г.) и утвержденного директором Бирского филиала 27.02.2026.

Зав.кафедрой кафедры высшей математики и физики *(наименование кафедры разработчика программы)*	*подписано ЭЦП*	Чудинов В.В.
Разработчик программы	*подписано ЭЦП*	Чудинов В.В.
Руководитель образовательной программы	*подписано ЭЦП*	Бигаева Л.А.

1. Цель дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

1.1. Цель дисциплины

Цель изучения дисциплины: формирование представлений о понятиях и методах теории оптимального управления, представления об основных типах управления, различных постановок задач управления, управляемости и методах их решения; формирование умений и навыков в области управляемых процессов, необходимых для выявления естественнонаучной сущности управляемых процессов, применения математического аппарата для выявления оптимальных решений.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Таблица 1. – Результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты освоения основной профессиональной образовательной программы (компетенции, закрепленные за дисциплиной)		Код и наименование индикатора достижения компетенции, закрепленного за дисциплиной
код компетенции	наименование компетенции	
ПК-1	Способен применять соответствующую процессу математическую модель, проводить численный эксперимент и анализ результата моделирования, оценивать его адекватность процессу	ПК-1.1. Применяет математические модели, соответствующие процессам, методы проведения численного эксперимента, методы анализа результата моделирования и оценки его адекватности процессу
		ПК-1.2. Проводит численный эксперимент, соответствующий процессу
		ПК-1.3. Анализирует результаты моделирования и оценивает его адекватность процессу
ПК-4	Способен осуществлять моделирование управления процессами планирования и организации производства	ПК-4.1. Демонстрирует знания методов моделирования управления процессами планирования и организации производства
		ПК-4.2. Решает задачи по планированию и организации производства
		ПК-4.3. Осуществляет моделирование управления процессами планирования и организации производства

2. Структура и трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетные единицы (з.е.), 108 академических часов.

Таблица 2 – Объем дисциплины

Виды учебной работы	Всего, часов	Количество часов в семестре
Общая трудоемкость дисциплины	108	8 семестр - 108
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего)	70	8 семестр - 70
в том числе:		
лекции	34	8 семестр - 34
лабораторные занятия	0	
практические занятия	36	8 семестр - 36
Другие виды работ в соответствии с УП:		
контрольная работа	0	
консультации	0	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	38	8 семестр - 38
Из них:		
контроль	0	
ФКР:		
зачет	0	
зачет с оценкой	0.2	8 семестр - 1
курсовая работа (проект)	0	
экзамен	0	

3 Содержание дисциплины

Таблица 3 – Содержание дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Виды деятельности				Форма текущего контроля успеваемости
		Лек, час.	П, час.	ДЗ, час.	СРС, час.	
4 курс / 8 семестр						
1	Управляемые процессы. Основные понятия					
1.1	Понятия ограничений, возникающих в процессе нагрева Теория теплопереноса. Скорость нагрева. Тепловые потери. Ограничения, возникающие в процессе нагрева.	4	6		8	Решение задач
1.2	Методы выявления ограничений Ограничения связанные с физическими свойствам нагреваемого материала. Термическая стойкость. Фазовые переходы при изменении температуры. Температурная деформация. Технологические ограничения. Методы выявления ограничений.	8	6		6	Решение задач
1.3	Напряжения и термонапряжения Основы теории напряжений. Механические напряжения. Эпюры. Термонапряжения.	6	6		6	Решение задач

	Термическая прочность.					
2	Оптимальное управление нагревом					
2.1	Постановка задач управления теплопереносом с ограничениями Постановка задачи оптимального управления процессом внешнего нагрева с фазовыми ограничениями. Постановка задачи оптимального управления процессом нагрева с фазовыми ограничениями при распределённом управлении.	8	6		8	Решение задач
2.2	Методы решения задач управления теплопереносом с ограничениями Постановка задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями. Её геометрическая интерпретация. Метод гиперплоскости. Сведение в вариационной задаче. Постановка задачи оптимального управления индукционным нагревом с фазовыми ограничениями. Конечно мерная аппроксимация и алгоритм решения.	8	12		9.8	Реферат
3	Дифференцированный зачет			1	0.2	
Итого по 4 курсу 8 семестру		34	36	1	38	
Итого по дисциплине		34	36	1	38	

Таблица 4 – Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Наименование семинарских и практических работ	Объем, час.

4. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины. Баллы, выставляемые за конкретные виды деятельности представлены ниже.

Контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости

Решение задач

Решение задач способствует формированию умений и навыков относящихся к конкретной сфере деятельности

Задача 1. Тело цилиндрической формы нагревается в электрической печи. Печь разогревается с комнатной температуры до 1200^{o}C. Разработать математическое описание процесса нагрева тела. Описать начальные и граничные условия.

Задача 1. Тело цилиндрической формы нагревается в электрической печи с системой управления режимом нагревания. Печь разогревается с комнатной температуры до 1200^{o}C. Разработать математическое описание процесса управления нагревом тела. Описать начальные и граничные условия.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения решение задач

Описание методики оценивания: при оценке выполнения студентом решения задач максимальное внимание следует уделять следующим аспектам: понимание задачи, правильность разбиения задачи на искомые и данные; правильность выбора алгоритма решения задачи, в части логического рассуждения; выборе формул; наличие фактических и логических ошибок в решении задачи; получение верного ответа; рациональность способа решения; проверке полученного решения (при необходимости).

Критерии оценки решения задач:

5 бал. - Составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении, в выборе формул и решении нет ошибок, получен верный ответ, задача решена рациональным способом.

4 бал. - Составлен правильный алгоритм решения задачи, в логическом рассуждении и решении нет существенных ошибок; правильно сделан выбор формул для решения; есть объяснение решения, но задача решена нерациональным способом или допущено не более двух несущественных ошибок, получен верный ответ.

3 бал. - Задача понята правильно, в логическом рассуждении нет существенных ошибок, но допущены существенные ошибки в выборе формул или в математических расчетах; задача решена не полностью или в общем виде.

1 бал. - Задача решена неправильно.

0 бал. - Задача не решена.

Реферат

Тематика рефератов:

1. Постановка задачи оптимального управления процессом внешнего нагрева с фазовыми ограничениями.
2. Постановка задачи оптимального управления процессом нагрева с фазовыми ограничениями при распределённом управлении.
3. Постановка задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями.

4. Постановка задачи оптимального управления индукционным нагревом с фазовыми ограничениями.

Тема рефератов:

1. Постановка задачи процесса внешнего нагрева с фазовыми ограничениями.
2. Постановка задачи процесса нагрева с фазовыми ограничениями при распределённом управлении.
3. Постановка задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями.
4. Постановка задачи индукционным нагревом с фазовыми ограничениями.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения реферата

5 баллов - работа сдана в указанные сроки, выполнены все требования к написанию реферата, обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению.
4 балла - основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении.
3 балла - основные требования к реферату выполнены, но при этом допущены недочеты, например: имеются неточности в изложении материала, отсутствует логическая последовательность в суждениях, объем реферата выдержан более чем на 50%, имеются упущения в оформлении.
0 баллов - тема не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы, допущены грубейшие ошибки.

Дифференцированный зачет

Примерные вопросы к дифзачету, 4 курс / 8 семестр

1. Основные понятия теории теплопереноса.
2. Математическая постановка задачи теплопереноса.
3. Скорость нагрева.
4. Тепловые потери.
5. Ограничения, возникающие в процессе нагрева.
6. Ограничения связанные с физическими свойствам нагреваемого материала.
7. Термическая стойкость.
8. Фазовые переходы при изменении температуры.
9. Температурная деформация.
10. Технологические ограничения.
11. Методы выявления ограничений.
12. Основные понятия теории напряжений.
13. Механические напряжения. Эпюры.
14. Термонапряжения. Термическая прочность.
15. Постановка задачи оптимального управления процессом внешнего нагрева с фазовыми ограничениями.
16. Постановка задачи оптимального управления процессом нагрева с фазовыми ограничениями при распределённом управлении.
17. Постановка задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями.
18. Геометрическая интерпретация задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями.
19. Метод гиперплоскости.

20. Сведение в вариационной задаче задачи линейного быстродействия с фазовыми ограничениями.
21. Постановка задачи оптимального управления индукционным нагревом с фазовыми ограничениями.
22. Аалгоритм решения задачи оптимального управления индукционным нагревом с фазовыми ограничениями.

Методические материалы, определяющие процедуру оценивания выполнения дифференцированного зачета

При оценке ответа на дифференцированном зачете максимальное внимание должно уделяться тому, насколько полно раскрыто содержание материала, четко и правильно даны определения, раскрыто содержание понятий, верно ли использованы научные термины, насколько ответ самостоятельный, использованы ли ранее приобретенные знания, раскрыты ли раскрыты причинно-следственные связи, насколько высокий уровень умения оперирования научными категориями, анализа информации, владения навыками практической деятельности.
Критерии оценки (в баллах):
- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;
- **10-16** баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;
- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:
- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме:
8 семестр - дифзачет.

Проверяемыми на промежуточной аттестации элементами содержания являются темы дисциплины.

Для проверки *знаний* используются вопросы и задания в различных формах.

Умения, навыки (или опыт деятельности) и компетенции проверяются с помощью компетентностно-ориентированных задач (ситуационных, производственных или кейсового характера) и различного вида конструкторов.

Все задачи являются многоходовыми. Некоторые задачи, проверяющие уровень сформированности компетенций, являются многовариантными. Часть умений, навыков и компетенций прямо не отражена в формулировках задач, но они могут быть проявлены обучающимися при их решении.

В каждый вариант включаются задания по каждому проверяемому элементу содержания во всех перечисленных выше формах и разного уровня сложности. Такой формат позволяет объективно определить качество освоения обучающимися основных элементов содержания дисциплины и уровень сформированности компетенций.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине при использовании модульно-рейтинговой системы

Критериями оценивания при модульно-рейтинговой системе являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины:

Шкалы оценивания:

Рейтинг-план дисциплины

Таблица перевода баллов текущего контроля в баллы рейтинга

	5	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	5	3	2	2	1	1	1	1	1	1
2		5	4	3	2	2	2	2	2	1
3			5	4	3	3	3	2	2	2
4				5	4	4	3	3	3	2
5					5	5	4	4	3	3
6						5	5	4	4	3
7							5	5	4	4
8								5	5	4
9									5	5
10										5

Рейтинг-план дисциплины представлен в Приложении 1.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1. Основная учебная литература

1. Вариационное исчисление и методы оптимизации : учеб. пособ. для студ. матем. спец. и напр. подг. унив-ов / Е.А. Андреева, В.М. Цирулева ; Е. А. Андреева, В. М. Цирулева .— М. : Высшая школа, 2006 .— 584 с.
2. Абдрахманов, В.Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Абдрахманов, А.В. Рабчук. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. — https://e.lanbook.com/book/45675.

5.2. Дополнительная учебная литература

1. Теория оптимального управления : учебное пособие / И.П. Болодурина, Т.А. Огурцова, О.С. Арапова, Ю.П. Иванова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет. - Оренбург : ОГУ, 2016. - 147 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469724
2. Федосенков, Б.А. Теория автоматического управления: классические и современные разделы : учебное пособие / Б.А. Федосенков ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : КемГУ, 2018. - 322 с. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=495195
3. Егоров, А.И. Введение в теорию управления системами с распределенными параметрами : учебное пособие / А.И. Егоров, Л.Н. Знаменская. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-2554-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/93595

5.3. Другие учебно-методические материалы

Перечень рекомендуемых ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», находящихся в свободном доступе

1. http://elibrary.ru/
2. http://www.mathnet.ru/

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elibrary.ru/.
2. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/.
3. Университетская библиотека онлайн biblioclub.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/.
4. Электронная библиотека УУНиТ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elib.bashedu.ru/.
5. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rsl.ru/.
6. Национальная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://xn--90ax2c.xn--p1ai/viewers/.
7. Национальная платформа открытого образования npoed.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://npoed.ru/.
8. Электронное образование Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edu.bashkortostan.ru/.
9. Информационно-правовой портал Гарант.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.garant.ru/.

Программное обеспечение

1. Браузер Google Chrome - Бесплатная лицензия https://www.google.com/intl/ru_ALL/chrome/privacy/eula_text.html
2. LIBREOFFICE - Договор №0301400003023000002 от 14.03.2023 (бессрочный)
3. Операционная система Astra Linux - Договор 0301400003023000002 от 14 марта 2023 бессрочно
4. Математический пакет Maxima - Бесплатная лицензия http://maxima.sourceforge.net/ru/index.html
5. Математический пакет Scalib - Бесплатная лицензия https://www.scilab.org/about/scilab-open-source-software

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория 301 Читальный зал (электронный каталог)(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, сканер hp scanyet g2410. Программное обеспечение 1. Браузер Google Chrome 2. LIBREOFFICE
Аудитория 311 а(ФМ)	Для хранения оборудования	Видеомонитор 19"цвт lcd\tft smartec stm-193, компьютер. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Браузер Google Chrome
Аудитория 411(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для курсового проектирования, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Мебель, проектор, экран. Программное обеспечение 1. Браузер Google Chrome 2. Операционная система Astra Linux 3. LIBREOFFICE
Аудитория 420(ФМ)	Для самостоятельной работы	Компьютер, мебель, нетбук, проектор, сканер mustek, учебно-методические пособия. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Операционная система Astra Linux 3. Браузер Google Chrome
Аудитория 422(ФМ)	Лекционная, Семинарская, Для консультаций, Для контроля и аттестации	Доска, компьютер, мебель, проектор. Программное обеспечение 1. LIBREOFFICE 2. Математический пакет Maxima

		3. Математический пакет Scalib 4. Операционная система Astra Linux