

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности



А.А. Панфилов

« 03 » 09 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»

Направление подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Профиль/программа подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения - очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	6/216	18	36		135	Экзамен (27), КР
Итого	6/216	18	36		135	Экзамен (27), КР

Владимир 2019

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Моделирование тепловых процессов обработки материалов» - изучение экспериментальных и аналитических методов исследования тепловых процессов; формирование фундаментально-теоретического базиса; развитие способностей к самостоятельному использованию и разработке математических и расчетных моделей тепловых процессов.
Задачи: изучить теоретические основы тепловых процессов (ТПр) при обработке материалов; изучить методы экспериментальных исследований тепловых процессов ТПр; изучить аналитические методы описания ТПр; освоить методы моделирования ТПр.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование тепловых процессов обработки материалов» к вариативной части учебного плана.

Пререквизиты дисциплины: «Математическое моделирование», «Компьютерные технологии автоматизации и управления», «Пакеты математического моделирования».

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ПК-15	частичное освоение	знать: основы теории теплопередачи; методы моделирования тепловых процессов при обработке материалов; уметь: разрабатывать методики исследования тепловых процессов; использовать математические модели тепловых процессов в автоматизированных системах управления технологическими процессами; владеть: навыками и методами моделирования технологических процессов в составе АСУ.
ПК-16	частичное освоение	знать: основные принципы исследования математических моделей объектов и систем управления; программные средства моделирования; уметь: выбирать способ построения математической модели и метод исследования модели; оценивать результаты моделирования; осуществлять выбор аппаратных и программных средств моделирования объектов и систем управления; владеть: навыками построения и исследования математических моделей типовых технологических процессов.

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Основы теории тепловых процессов.	2	1-6	6	12		45	9/50	Рейтинг-контроль № 1
2	Моделирование обработки материалов.	2	7-12	6	12		45	9/50	Рейтинг-контроль № 2
3	Расчетные модели ТПр.	2	13-18	6	12		45	9/50	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 2 семестр:				18	36		135	27/50	Экзамен (27)
Наличие в дисциплине КП/КР					+				
Итого по дисциплине				18	36		135	27/50	Экзамен (27)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Тема 1. Основы теории тепловых процессов.

Содержание темы: Введение, цели и задачи изучения дисциплины. Математические модели тепловых процессов (ТПр). Теплообмен теплопроводностью. Теплообмен лучеиспусканием. Конвективный теплообмен.

Тема 2. Моделирование обработки материалов.

Содержание темы: Моделирование ТПр кристаллизации металла. Математическая модель. Экспериментально-аналитический метод. Моделирование ТПр лазерной обработки металлов. Математическая модель ТПр. Постановка и решение тепловых задач лазерной обработки.

Тема 3. Расчетные модели ТПр.

Содержание темы: Расчетные модели ТПр. Анализ результатов экспериментальных исследований и моделирования.

Содержание практических занятий по дисциплине

Тема 1. Основы теории тепловых процессов.

Содержание практических занятий: Влияние давления, создаваемого в кристаллизующемся металле, на степень переохлаждения. Анализ тепловых процессов в системе «Кристаллизующийся металл – металлическая форма». Решение задачи теплопроводности численным методом. Использование результатов моделирования тепловых процессов при разработке системы управления процессом кристаллизации.

Тема 2. Моделирование обработки материалов.

Содержание практических занятий: Выбор методики расчета ТПр лазерной обработки и анализ исходных данных. Лазерная обработка точечным источником. Лазерная обработка Гауссовым точечным источником. Обработка объемным (лазер или электронный пучок) точечным источником.

Тема 3. Расчетные модели ТПр.

Содержание практических занятий: Лазерная обработка мощным быстро движущимся источником. Лазерная обработка Гауссовым распределенным источником. Лазерная сварка точечным импульсным лазерным источником.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Моделирование тепловых процессов обработки материалов» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Интерактивная лекция (тема № 1-3);
- Применение имитационных моделей (тема № 2-3);
- Разбор конкретных ситуаций (тема № 1, 3).

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Текущий контроль успеваемости

Вопросы к рейтинг-контролю № 1

1. В чем состоит смысл гипотезы Фурье применительно к теплопередаче теплопроводностью?
2. Что такое удельный тепловой поток?
3. Уравнение теплопередачи теплопроводностью в стационарном режиме.
4. Уравнение теплопередачи теплопроводностью в нестационарном режиме.
5. Уравнение теплопередачи лучеиспусканием.
6. Уравнение конвективного теплообмена.
7. Математическая модель теплового взаимодействия кристаллизующегося металла и металлической формы.
8. Уравнение теплового баланса отливки и формы.
9. Как определить распределение температур в стенке формы?
10. Как определить распределение температур в стенке отливки?
11. Как осуществляется моделирование тепловых процессов в системе «отливка- форма».
12. Как построить зависимость скорости кристаллизации от пространственно- временных координат?
13. К каким практическим выводам можно прийти на основании анализа результатов моделирования тепловых процессов в кристаллизующемся металле?

Вопросы к рейтинг-контролю № 2

1. В чем состоит принципиальное отличие лазерной обработки материалов от традиционных видов обработки с точки зрения тепловых процессов?
2. Математическая модель точечного источника тепла.
3. Как осуществляется выбор расчетной модели лазерной обработки?
4. Какие параметры лазерной обработки влияют на распределение температур в окрестности фокального пятна?
5. Как осуществляется моделирование тепловых процессов при лазерной обработке?
6. Какие графические зависимости можно построить по результатам моделирования?
7. К каким практическим выводам можно прийти на основании анализа результатов моделирования тепловых процессов при лазерной обработке?
8. В каком направлении происходит совершенствование технологических процессов, основанных на управлении тепловыми процессами?
9. Как луч лазера используется для нагрева?
10. Какое преимущество лазера находит технологическое применение?

11. Какие упрощения математической модели принимаются при разработке расчетных моделей?

12. Как распределена плотность мощности в фокальном пятне?

Вопросы к рейтинг-контролю № 3

1. Дать объяснение зависимости температуры в окрестности фокального пятна от плотности мощности.

2. Управление какими параметрами лазерной обработки позволяет изменять распределение температур в обрабатываемом материале?

3. Как можно управлять формированием температурных полей в системе «отливка- форма»?

4. Можно ли сказать, что исследование и моделирование тепловых процессов позволяет изучить скрытые свойства обрабатываемого материала как объекта управления (рекомендуется для подготовки реферата)?

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Каков механизм передачи тепла теплопроводностью?

2. Как следует с физической точки зрения понимать формулу Фурье?

3. Как вывести формулу для определения удельного теплового потока?

4. Можно ли отождествлять термин «Перепад температур» с термином «ГТП»?

5. Каким условиям должен отвечать процесс теплообмена для того, чтобы воспользоваться формулой?

6. В чем состоит существенное отличие лучистого теплообмена от других видов теплопередачи?

7. От чего зависит интенсивность теплообмена лучеиспусканием?

8. Приведите примеры теплообмена лучеиспусканием.

9. Что можно назвать необходимым условием конвективного теплообмена?

10. Приведите примеры, когда все виды теплообмена имеют место одновременно.

12. Можно ли предложенную математическую модель считать линейной?

13. Объясните смысл каждого из уравнений в отдельности в формуле (9) см. лекции.

14. Чем объяснить, что зависимость температуры от координаты в стенке отливки состоит из трех участков?

15. С чем связано, что кривые распределения температуры в стенке отливки имеют выпуклый характер?

16. Как можно обосновать необходимость использования метода сеток?

17. Как определить толщину закристаллизовавшейся корки?

18. Как учитывается выделение скрытой теплоты кристаллизации?

19. Как можно автоматизировать вычислительный процесс?

20. Как определить скорость кристаллизации?

21. Как практически можно использовать результаты расчетов?

22. Как в предложенном методе используется закон сохранения энергии?

23. Обязательно ли определять среднюю температуру формы?

24. Учтен ли в формуле (9) внутренний источник тепла?

25. Как построены кривые распределения температуры в стенке формы?

26. Представляется ли возможным экспериментальным путем определить распределение температур в стенке отливки?

27. В каком направлении происходит совершенствование технологических процессов, основанных на управлении тепловыми процессами? 28. Как луч лазера используется для нагрева?

29. Какое преимущество лазера находит технологическое применение?

30. Какие упрощения математической модели принимаются при разработке расчетных моделей?

31. Как распределена плотность мощности в фокальном пятне?

32. Что такое плотность мощности лазерного излучения?

33. Как определить глубину ЗТВ?

34. Как оценить влияние охлаждения ЗТВ?

35. Что такое коэффициент поглощения при лазерной обработке?
36. Как учитывается объемный характер распространения тепла в окрестности фокального пятна?
37. Какой спектр задач автоматизированного управления можно решить на основании результатов моделирования тепловых процессов?
38. Какие недостатки моделирования влияют на достоверность получаемой информации?
39. Каким образом можно расширить возможности моделирования тепловых процессов в решении задач автоматизации?
40. Как оценить экономическую эффективность моделирования?
41. Можно ли результатами моделирования ТПр воспользоваться при разработке управляющих программ?

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Текущая и опережающая СРС состоит в проработке материала практических занятий, подготовке к курсовой работе и рейтинг-контролю. В начале практических занятий проводится контроль выполнения и разбор домашних заданий. Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа состоит в выполнении индивидуальных заданий по темам, не предусмотренным практическими занятиями и включает анализ публикаций о применении методов моделирования ТПр в научных исследованиях и прикладных инженерных задачах, исследовательскую работу и участие в научных студенческих конференциях и семинарах.

Задание на курсовую работу

Тема работы «Моделирование тепловых процессов обработки материалов (по варианту)»

Цель работы: является овладение навыками практического использования математических моделей в процессе моделирования тепловых процессов. Работа выполняется согласно варианту, каждому студенту выдается индивидуальное задание: марка стали (сплава), технологические параметры оборудования.

Курсовая работа (КР) включает в себя графическую часть (ГЧ) и пояснительную записку (ПЗ).

Объем ГЧ – 3 листа ф. А3; ПЗ – 15...20 с. маш. пис. текста с рис., табл. и списком библиографий, выполненными в соответствии с требованиями ЕСКД, ЕСТД и др. нормативными документами.

КР рекомендуется выполнить в последовательности:

- Введение (раскрыть, в чем состоит актуальность работы и кратко изложить полученные результаты);
- 1. Состояние вопроса по литературным данным (сконцентрировать внимание на решение конкретной задачи, обобщить результаты исследований, дать оценку патентной ситуации, сформулировать, что предстоит разработать);
- 2. Моделирование тепловых процессов, отдельно кристаллизации металла и лазерной обработки;
- 3. Анализ результатов моделирования.
- Заключение. Выводы.
- Список использованной литературы.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература			
1. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах: учебник / А.Н. Резников, Л.А. Резников. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-2272-2.	2016		https://e.lanbook.com/book/81569
Дополнительная литература			
1. «Наукоемкие технологии в машиностроении [Электронный ресурс] / А.Г. Суслов, Б.М. Базров, В.Ф. Безъязычный и др.; под ред. А.Г. Сулова. - М.: Машиностроение, 2012.»	2012		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756192.html
2. Коростелев, В.Ф. Физика высоких технологий: учебное пособие / В. Ф. Коростелев ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 66 с.	2010	72	http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1372/3/00789.pdf
3. Изучение теплофизических процессов и свойств веществ с использованием методов компьютерного моделирования: учеб. пособие по курсу «Теория теплообмена» [Электронный ресурс] / В. Н. Афанасьев и др.; под ред. В. И. Хвостова, В. В. Носатова. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013.	2013		http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703837054.html

7.2. Периодические издания «Моделирование систем и процессов» - научно-технический журнал ISSN 2219-0767

7.3. Интернет-ресурсы <http://www.studentlibrary.ru>; www.exponenta.ru.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы. Практические работы проводятся в компьютерном классе кафедры АМиР ауд. 1146-2.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения пакет математического моделирования MathCad.

Рабочую программу составил доцент кафедры АМиР Кирилина А.Н. Кирилина А.Н.

Рецензент (представитель работодателя)
зав. сектором ФГУП ГНПП «Крона», к.т.н. Черкасов Ю.В. Черкасов Ю.В.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АМиР
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Заведующий кафедрой АМиР Коростелев В.Ф. Коростелев В.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 15.04.04 – «Автоматизация технологических процессов и производств»
Протокол № 2 от 03.09. 2019 года
Председатель комиссии Коростелев В.Ф. Коростелев В.Ф.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
«МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ»**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.20 года

Заведующий кафедрой С.Королев В.Ф. Коросовел

Рабочая программа одобрена на 2021/22 учебный год

Протокол заседания кафедры № 2 от 14.09.21 года

Заведующий кафедрой С.Королев

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

