

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор



Драгунов В.К.

«21» июня 2019 г.

Программа аспирантуры

Направление 15.06.01 «Машиностроение»

Направленность (специальность) 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Численные методы исследования»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – консультация,
84 часов – самостоятельная работа,
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 15.06.01 «Машиностроение», утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение подходов к моделированию процессов сварки и наплавки с использованием компьютерных средств и численных методов.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с современными тенденциями развития методов математического моделирования технологических процессов;
- освоение методов моделирования процессов сварки и наплавки, в том числе, с использованием широко применяемых сред программирования.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства (ОПК-1);
- владение методами математического и физического моделирования сварочных объектов, комплексов и систем (ПК-4);

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать **следующие результаты образования:**

знать:

- основные методы научно-исследовательской деятельности (УК-1);
- основные процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствия для общества, экономики и экологии (ОПК-1);
- методы построения математических моделей; прикладное программное обеспечение в виде современных математических пакетов (ПК-4);

уметь:

- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач (УК-1);
- выбирать основные процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий (ОПК-1);
- разрабатывать математические модели для решения задач технологии;- использовать прикладное программное обеспечение для решения задач технологии (ПК-4);

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования (УК-1);
- навыками разработки основных процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий (ОПК-1);
- методами множественного корреляционного и регрессионного анализа для построения математических моделей процессов и объектов; методами нечеткой логики для построения математических моделей процессов и объектов;- методами теории графов для построения математических моделей процессов и объектов (ПК-4).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основные задачи компьютерного моделирования сварочных и родственных процессов

Актуальность применения моделирования. Связь моделирования и инженерного эксперимента. Классификация математических моделей. Аналитические, цифровые, регрессионные и смешанные модели. Понятие адекватности и верификации модели. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными, применяемых для анализа сварочных процессов.

2. Обзор аналитических и численных методов моделирования сварочных процессов

Аналитические методы решения задачи теплопередачи при воздействии точечного и линейного теплового источника. Ограничения и недостатки. Численные методы решения уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Решение многомерных краевых задач. Методы переменных направлений и дробных шагов. Метод последовательных приближений с использованием явной разностной схемы. Стационарный и нестационарный случай. Достоинства и недостатки рассмотренных методов. Методы численного решения системы уравнений Навье-Стокса.

3. Методы задания граничных условий и функций распределения источников и стоков энергии при моделировании процессов сварки

Классификация граничных условий. Задание источников и стоков тепла в виде граничного условия. Граничные условия при моделировании электрических и магнитных полей. Методы задания функции распределения плотности теплового потока. Движущиеся граничные условия. Задача Стефана.

4. Использование методов крупных частиц и методов Монте-Карло для решения задач моделирования сварочных процессов

Методы крупных частиц для решения задач массопереноса, электронной оптики и молекулярной динамики. Потенциал Леннарда-Джонса. Методы сглаженных частиц (SPH) и частиц в ячейках (PIC). Моделирование пучков заряженных частиц методом крупных частиц. Метод Монте-Карло. Моделирование случайных процессов. Понятие о сечении процесса. Упругое и неупругое взаимодействие частиц. Моделирование прохождения частиц сквозь среды.

5. Математическое моделирование переходных процессов в сварочных электротехнологических установках с использованием передаточных функций

Актуальность исследования переходных процессов в локальных регуляторах. Использование передаточных функций при составлении моделей сварочных процессов и установок, реализуемых в виде структурных схем в широко доступных пакетах программ. Разработка моделей электрических цепей с накопителями энергии для анализа переходных процессов в сварочных источниках питания при импульсном и непрерывном регулировании мощности и изменении параметров нагрузки.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

1 семестр – дифференцированный зачет.

Вопросы для самоконтроля и для проведения зачета

1. Цели и задачи математического моделирования сварочных процессов.
2. Классификация моделей. Материальное, идеальное, знаковое, математическое моделирование.
3. Классификация математических моделей. Аналитические, цифровые, регрессионные и смешанные модели.
4. Адекватность и верификация моделей.
5. Физические процессы, протекающие при сварке и их подобие с точки зрения математического описания.
6. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка, применяемых при моделировании физических процессов.
7. Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Теплостойкость тела. Уравнение теплопроводности.
8. Уравнение теплопроводности. Начальные и краевые условия.
9. Модели тепловых источников, применяемые при анализе процессов сварки.
10. Объемные тепловые источники. Постановка задачи моделирования нагрева поверхности расплава, деформированной давлением паров.
11. Аналитический метод решения уравнения теплопроводности и его ограничения.
12. Численные методы решения уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей.
13. Аппроксимация производных первого и второго порядков по методу конечных разностей.
14. Одномерное уравнение теплопроводности в конечно-разностной форме при использовании явной и неявной разностных схем.
15. Суть метода прогонки для решения одномерного уравнения теплопроводности.

16. Аппроксимация граничных условий при использовании метода прогонки.
17. Решение двумерных тепловых задач с использованием явной разностной схемы
18. Локально-одномерные методы для решения многомерных задач с использованием неявной разностной схемы: метод переменных направлений и метод дробных шагов.
19. Моделирование процессов испарения
20. Составление моделей электрических схем с накопителями энергии для анализа переходных процессов.
21. Численные методы решения системы уравнений Навье-Стокса
22. Метод крупных частиц и метод гидродинамики сглаженных частиц.
23. Моделирование сварочных источников питания и процессов управления. Настройка регуляторов.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Леушин И. Моделирование процессов и объектов в металлургии. - М.:Инфра-М, 2013, 208 стр.
2. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432 С.
3. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.:Либроком, 2014. – 784 с.

Дополнительная литература:

4. Федоткин И. Математическое моделирование технологических процессов. - М.:Ленанд, 2015, 416.
5. M. Edstorp. Weld pool simulations. Dissertation abstract. Chalmers university of technology and University of Gothenburg, Goteborg, Sweden, 2008.