

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»)**

Северодонецкий технологический институт (филиал)

Кафедра машиностроения и строительства

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись) «26» _____ 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки»

По направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
магистерская программа «Оборудование и технология сварочного
производства»

Северодонецк - 2024

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки» по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение профиль «Оборудование и технология сварочного производства». - 16 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение (магистерская программа «Оборудование и технология сварочного производства»), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14.08.2020 № 1025.

СОСТАВИТЕЛЬ (СОСТАВИТЕЛИ):

Доцент, к.т.н. С.В. Шабрацкий



Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры машиностроения и строительства «_02_» __09__ 2024 г., протокол № _1_.

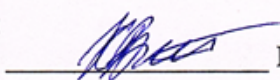
Заведующий кафедрой машиностроения и строительства _____ С.В. Шабрацкий



Переутверждена: «__» _____ 20__ г., протокол № ____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «_16_» __09__ 2024 г., протокол № __1__.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»



Ю.В. Бородач

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Целью дисциплины: изложение методики математического моделирования сварочных процессов и численных методов решения задач, призванное привить студентам навыки численного анализа изучаемых процессов при решении практических задач проектирования технологии сварки.

Задачи:

Изучение дисциплины должно обеспечить знание:

- методики разработки математических моделей сварочных процессов;
- численных методов решения задач;
- алгоритмов и методик проведения процессов вычислительных экспериментов при решении задач исследования процессов и проектирования технологии сварки.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО.

Дисциплина «Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки» относится к вариативной части профессионального цикла. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основные алгоритмы типовых численных методов решения математических задач; основные понятия и методы решения оптимизационных задач; основные направления развития современной науки и техники, умения выполнять расчеты с применением современных технических средств; использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, навыки систематизации информации.

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина, являются: «Высшая математика», «Материаловедение», «Технология и оборудование сварки плавлением», «Технология и оборудование сварка давлением» и «Теория процессов сварки».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ПК-1. Способность к организации, подготовке и контролю сварочного производства	ПК 1.1. Знает технические требования, предъявляемые к применяемым при сварке материалам, нормы их расхода, а также технические характеристики, конструктивные особенности и режимы сварочного оборудования, правила его эксплуатации. ПК 1.2. Умеет производить анализ и экспертизу	Знать: основные алгоритмы типовых численных методов решения математических задач; основные понятия и методы решения оптимизационных задач; виды математических моделей; методики разработки математических моделей сварочных процессов; алгоритмов и методик проведения процессов вычислительных

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
	технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям, а также выполнять техническую подготовку сварочного производства, его обеспечение и нормирование" настоящего профессионального стандарта. ПК 1.3. Владеет навыками организации разработки и внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда, соблюдение требований охраны труда и окружающей среды, экономию материальных и энергетических ресурсов, навыками проведения анализа технологичности сварных конструкций (изделий, продукции).	экспериментов при решении задач исследования процессов и проектирования технологии сварки.
		Уметь: выполнять расчеты с применением современных технических средств; использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности; осуществлять постановку задачи и построение математической модели для исследования основных сварочных процессов; решать задачи математического моделирования численными методами с использованием современных компьютеров; использовать результаты анализа компьютерного моделирования для совершенствования технологии сварки; работать в свободно распространяемых программах; применять математические модели в профессиональной деятельности.
		Владеть: навыками систематизации информации; умением оценивать результаты измерений; инструментарием для решения математических задач в своей области; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных о возможностях различных программных продуктов и о реализации численных методов и технологических расчетов.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180 (5 зач. ед)	180 (5 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	70	8
в том числе:		
Лекции	28	4
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	42	4
Лабораторные работы	-	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	110	172
Форма аттестации	экзамен/курсовая работа	экзамен/курсовая работа

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основные понятия теории моделирования процессов и систем

Методологическая основа моделирования. Принципы системного подхода в моделировании систем. Общая характеристика проблемы моделирования систем. Классификация видов моделирования систем. Классификация математических моделей

Тема 2. Применение теории графов в моделировании

Основные понятия о графах. Происхождение графов. Ориентированные графы. Взвешенные графы. Типы конечных графов. Смежность вершин графов. Инцидентность элементов графов. Изоморфизм графов. Маршруты графов. Связность элементов графа. Планарность графа. Части графа.

Полюсные графы. Физические системы с сосредоточенными компонентами. Двухполюсные компоненты. Электрические системы. Механические поступательные системы. Механические вращательные системы. Пневматические и гидравлические системы. Аналогии между компонентами. Системы координат. Преобразование исходных данных к математическим моделям. Топологические уравнения

Тема 3. Экспериментально-статистическое моделирование

Основные термины и определения. Аппроксимация экспериментальных данных. Полиномиальные модели. Методология математического планирования эксперимента. Кодирование факторов. Планы первого порядка. Симметричные планы второго порядка. Статистическая обработка результатов полного факторного эксперимента.

Тема 4. Моделирование и анализ динамических и статических состояний систем

Моделирование и анализ динамических систем. Математические модели динамических процессов. Алгоритмы решение систем дифференциальных уравнений. Имитационное моделирование прибора для измерения параметров линейного движения средствами MATLAB. Моделирование и анализ статических процессов и систем. Задачи анализа статических состояний систем. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Решение систем нелинейных уравнений

Тема 5. Математические модели процессов и оборудования при сварке

Математические модели на микроуровне. Математические модели на макроуровне. Математическая модель системы источник питания – дуга при сварке неплавящимся электродом. Математическая модель системы источник питания – дуга при сварке плавящимся электродом. Математическое моделирование электрических и тепловых полей при односторонней контактной точечной сварке. Математическое моделирование процесса двухдуговой двухсторонней аргонодуговой сварки. Моделирование тепловых процессов при электронно-лучевой сварке разнородных материалов. Моделирование параметров режима многопроходной сварки в защитных газах.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Основные понятия теории моделирования процессов и систем	4	2
2	Тема 2. Применение теории графов в моделировании	2	
3	Тема 3. Экспериментально-статистическое моделирование	5	
4	Тема 4. Моделирование и анализ динамических и статических состояний систем	6	2
5	Тема 5. Математические модели процессов и оборудования при сварке	16	
Итого:		28	4

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Расчетные исследования влияния режима сварки и свойств металла сварочной проволоки на температурное поле в вылете электрода	18	2
2	Моделирование температурного поля методом наименьших квадратов в свариваемых деталях при дуговой сварке плавлением в разделку	24	2
Итого:		42	4

4.5. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Расчетные исследования влияния режима сварки и свойств металла сварочной проволоки на температурное поле в вылете электрода	Подготовка к практическим занятиям	36	68
2	Моделирование температурного поля методом наименьших квадратов в свариваемых деталях при дуговой сварке плавлением в разделку		38	68
3	Построение регрессионного уравнения зависимости температурного поля от вылета электрода	Выполнение курсовой работы	18	18
4	Оценка качества уравнений регрессии и выбор уравнения, которое наиболее точно описывает базовую зависимость		18	18
Итого:			110	172

4.6. Курсовая работа

Курсовая работа предназначена для закрепления знаний, полученных на лекционных, практических занятиях по данной дисциплине и ранее изученных дисциплин: теория сварочных процессов, технология и оборудование сварки плавлением, прикладная математика. При выполнении курсовой работы студент приобретает базовые навыки по проектированию математических моделей сварочных процессов.

Тема курсового проекта: «Построение математической модели температурного поля в зависимости от вылета электрода для автоматической сварки».

Для заданной величины плотности сварочного тока $j_{св}$, вылета l электрода (порошковой проволоки), скорости подачи электрода V_e и теплофизических свойств металла электрода рассчитать и построить поверхность температурного поля и ее математические модели. Для математических моделей проверить адекватность.

5. Образовательные технологии

В процессе обучения для достижения планируемых результатов освоения дисциплины используются следующие образовательные технологии:

– традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов,

системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

– информационно-коммуникационная технология, в том числе визуализация, создание электронных учебных материалов;

– использование электронных образовательных ресурсов при подготовке к лекциям и практическим занятиям;

– технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов.

В рамках перечисленных технологий основными методами обучения являются: самостоятельная работа и технология развивающего обучения.

6. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. Математическое моделирование сварочных процессов: Рабочая программа, методические указания к изучению дисциплины, задание на контрольную работу. – СПб.: СЗПИ, 2000, -13с.

2. Рыкалин Н.Н. Расчёты тепловых процессов при сварке. - М.: Машгиз, 1951. - 296 с.

3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., иапр. – М.: Физматлит, 2001. – 320с.

4. Гладков Э.А. Управление процессами и оборудование при сварке: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Э.А. Гладков. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 432с.

б) дополнительная литература:

1. Ахмадиев Ф.Г., Гильфанов Р.М. Математическое моделирование и методы оптимизации: Учебное пособие / Ф.Г. Ахмадиев, Р.М. Гильфанов. – Казань: Изд-во Казанский гос. архитект.-строит. ун-та, 2017. – 178с.

2. Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах: Сб. докл. межд. конф. / Под редакцией профессора В.И. Махненко. – Киев: Международная ассоциация «Сварка», 2010. – 244 стр.

3. Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах: Сб. докл. шестой межд. конф. / Под редакцией профессора В.И. Махненко. – Киев: Международная ассоциация «Сварка», 2012. – 166 стр.

4. Филатова Л.Ф. Парная регрессия: Учебное пособие/ Л.Ф. Филатова –Северск: Изд. СТИ НИЯУ МИФИ, 2013. – 75 с.

в) электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
2. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>
3. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: демонстрационный материал; аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdftcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине

«Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки»
Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в
результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ПК-1	ПК-1. Способность к организации, подготовке и контролю сварочного производства	ПК 1.1. Знает технические требования, предъявляемые к применяемым при сварке материалам, нормы их расхода, а также технические характеристики, конструктивные особенности и режимы сварочного оборудования, правила его эксплуатации. ПК 1.2. Умеет производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям, а также выполнять техническую подготовку сварочного производства, его обеспечение и	Тема 1. Основные понятия теории моделирования процессов и систем	2
				Тема 2. Применение теории графов в моделировании	2
				Тема 3. Экспериментально-статистическое моделирование	2
				Тема 4. Моделирование и анализ динамических и статических состояний систем	2
				Тема 5. Математические модели процессов и оборудования при сварке	2

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
			нормирование" настоящего профессионального стандарта. ПК 1.3. Владеет навыками организации разработки и внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда, соблюдение требований охраны труда и окружающей среды, экономию материальных и энергетических ресурсов, навыками проведения анализа технологичности сварных конструкций (изделий, продукции).		

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ПК-1. Способность к организации, подготовке и контролю сварочного	ПК 1.1. Знает технические требования, предъявляемые к применяемым при сварке материалам,	Знать: основные алгоритмы типовых численных методов решения математических	Тема 1, Тема 2, Тема 3, Тема 4, Тема 5.	задания к курсовой работе, задачи к экзамену

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
	производства	нормы их расхода, а также технические характеристики, конструктивные особенности и режимы сварочного оборудования, правила его эксплуатации. ПК 1.2. Умеет производить анализ и экспертизу технической (конструкторской и технологической) документации на соответствие нормативным документам и техническим условиям, а также выполнять техническую подготовку сварочного производства, его обеспечение и нормирование" настоящего профессионального стандарта. ПК 1.3. Владеет навыками организации разработки и внедрения в производство прогрессивных методов сварки, новых сварочных материалов и оборудования, обеспечивающих сокращение затрат труда, соблюдение требований охраны	задач; основные понятия и методы решения оптимизационных задач; виды математических моделей; методики разработки математических моделей сварочных процессов; алгоритмов и методик проведения процессов вычислительных экспериментов при решении задач исследования процессов и проектирования технологии сварки. Уметь: выполнять расчеты с применением современных технических средств; использовать физико- математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности; осуществлять постановку задачи и построение математической модели для исследования основных сварочных процессов; решать задачи математического моделирования		

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
		труда и окружающей среды, экономию материальных и энергетических ресурсов, навыками проведения анализа технологичности сварных конструкций (изделий, продукции).	численными методами с использованием современных компьютеров; использовать результаты анализа компьютерного моделирования для совершенствования технологии сварки; работать в свободно распространяемых программах; применять математические модели в профессиональной деятельности. Владеть: навыками систематизации информации; умением оценивать результаты измерений; инструментарием для решения математических задач в своей области; навыками нахождения и использования справочных литературных данных и компьютерных баз данных о возможностях различных программных продуктов и о реализации численных методов и технологических расчетов.		

**Фонды оценочных средств по дисциплине
«Математическое моделирование сварочных процессов»**

Курсовая работа

Курсовая работа предназначена для закрепления знаний, полученных на лекционных, практических занятиях по данной дисциплине и ранее изученных дисциплин: теория сварочных процессов, технология и оборудование сварки плавлением, прикладная математика. При выполнении курсовой работы студент приобретает базовые навыки по проектированию математических моделей сварочных процессов.

Тема курсового проекта: «Построение математической модели температурного поля в зависимости от вылета электрода для автоматической сварки».

Для заданной величины плотности сварочного тока $j_{св}$, вылета l электрода (порошковой проволоки), скорости подачи электрода V_e и теплофизических свойств металла электрода рассчитать и построить поверхность температурного поля и ее математические модели. Для математических моделей проверить адекватность. Варианты заданий представлены в таблице.

Параметры		Варианты и исходные данные									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Предпоследняя цифра шифра студента											
Материал проволоки		Низкоугл. Сталь		Кремн.- марг. сталь		Cr-Ni ауст. сталь		Алюм. сплав		Титан	
Основные теплофиз. свойства	λ , Вт/мК	40		33		23		104		11	
	$c\rho$ 10^{-6} , Дж/м ³ К	4,9		5,2		4,8		2,7		2,9	
	T_m , °C	1520		1500		1450		580		1600	
	ρ_e , Ом·мм ² /м	0,13		0,20		0,75		0,062		1,2	
Средняя плотность св. тока в электроде $j \cdot 10^{-6}$, А/мм ²		180		150		120		200		120	
Скорость подачи электродной проволоки V_e , мм/с		90	95	85	80	75	70	110	105	70	75
Предпоследняя цифра шифра студента											
Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вылет электрода l , мм		30	28	26	24	22	20	34	32	18	16

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству –
Курсовая работа

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; в полном объеме раскрыты вопросы теоретической и практической части проекта; отсутствуют ошибки, неточности, несоответствия в изложении разделов; сделаны верные выводы; высокое качество оформления; представление курсовой работы в указанные сроки; уверенная защита.
4	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; наличие небольших неточностей в изложении теоретического или практического разделов; верные выводы; хорошее качество оформления; представление курсовой работе в указанные сроки.
3	В курсовой работе содержание соответствует заявленной теме; недостаточно полно раскрыты вопросы теоретической или практической части; наличие ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов; недостаточно глубокий анализ результатов; небрежное оформление; представление курсовой работе в поздние сроки; ошибки и неточности в ходе защиты.
2	В курсовой работе содержание не соответствует заявленной теме; не раскрыты вопросы теоретической или практической части; наличие грубых ошибок в изложении теоретического или практического разделов; отсутствие анализа результатов; низкое качество оформления; представление в поздние сроки; грубые ошибки в ходе защиты.

Задачи к экзамену

Задача 1

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
Y	12	17	210	445	800	1010

Задача 2

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + b \cdot \ln X,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
Y	12	17	210	445	800	1010

Задача 3

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + \frac{b}{X},$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
Y	12	17	210	445	800	1010

Задача 4

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
Y	12	17	210	445	800	1010

Задача 5

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + bX,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
Y	12	17	210	445	800	1010

Задача 6

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + be^X,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	2	4	6	8	10	12
---	---	---	---	---	----	----

Y	12	17	210	445	800	1010
---	----	----	-----	-----	-----	------

Задача 7

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + be^x,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 8

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + b \cdot \ln X,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 9

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + \frac{b}{X},$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 10

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 11

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + bX,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 12

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + be^x,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	3	5	7	9	11	13
Y	13	130	315	600	950	1320

Задача 13

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 14

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + b \cdot \ln X,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 15

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + \frac{b}{X},$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 16

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 17

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + bX,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 18

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + be^x,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	2	6	8	10	14
Y	32	29,2	23,3	19,9	17,2	11,3

Задача 19

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X. Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX + b,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Задача 20

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + b \cdot \ln X ,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Задача 21

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + \frac{b}{X} ,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Задача 22

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + b ,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Задача 23

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = aX^2 + bX ,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Задача 24

Экспериментально получены N – значений величины Y при различных значениях величины X . Подобрать эмпирическую формулу

$$Y = a + be^x,$$

наиболее точно описывающую результаты эксперимента, отыскав ее параметры по методу наименьших квадратов.

Результаты эксперимента

X	0	5	10	15	20	22
Y	9,7	12,2	7,8	6,6	4,9	2,5

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – экзамен

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)