

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Материаловедения, сварочных и аддитивных технологий»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №5 от 21 января 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

Направление: 15.04.01 Машиностроение

Цифровые, аддитивные технологии в сварочном производстве

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной
подписью
Составитель программы: Николаева Елена
Павловна
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой электронной
подписью
Утвердил и согласовал: Балановский Андрей
Евгеньевич
Дата подписания: 18.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Имитационное моделирование в машиностроении» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способность разрабатывать и внедрять технологические процессы заготовительных операций, сборки и сварки, аддитивных технологий, техническую и технологическую подготовку производства сварочных работ с использованием средств автоматизации проектирования и возможностей САМ-систем	ПК-1.5

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.5	Владеет методами имитационного моделирования при разработке технологических процессов сварки с целью изготовления конкурентоспособных изделий машиностроения	Знать методы и принципы имитационного моделирования производственных систем; методы планирования на промышленных предприятиях; классификация имитационных моделей. Уметь эффективно использовать информационные технологии и связанное с ними программное обеспечение; создавать имитационные модели участков механосборочного производства; выполнять оптимизацию технологического процесса на основе имитационной модели; оценивать точность и достоверность результатов моделирования Владеть навыками моделирования систем; навыками решения задач в профессиональной области

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Имитационное моделирование в машиностроении» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Современные способы сварки», «Технологии и оборудование аддитивных производств в машиностроении»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Автоматизация технологических процессов сварки»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	48	48
лекции	0	0
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	48	48
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	24	24
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Инструменты и методы планирования на промышленном предприятии					1, 2	12	1, 2, 3, 4	6	Устный опрос
2	Построение имитационных моделей производств					3	12	1, 2, 3, 4	6	Устный опрос
3	Имитационное моделирование в задачах технологического инжиниринга					4, 5, 7	18	1, 2, 3, 4	6	Устный опрос
4	Интернет вещей					6	6	1, 2, 3, 4	6	Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего						48		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Инструменты и методы планирования на	Что такое имитационное моделирование (ИМ). Методы планирования на промышленных

	промышленном предприятии	предприятиях. Классификация имитационных моделей. Имитационное моделирование процессов планирования. Состав и структура имитационной модели. Языки моделирования. Пакеты имитационного моделирования
2	Построение имитационных моделей производств	Особенности построения имитационных моделей сложных систем. Декомпозиция моделируемой системы. Временные шкалы в имитационных моделях. Принципы разработки имитационных моделей механосборочных производств. Этапы разработки имитационных моделей. Моделирование параллельных процессов. Достоинства и недостатки имитационного моделирования
3	Имитационное моделирование в задачах технологического инжиниринга	Основные направления использования ИМ в задачах технологического инжиниринга. Принципы декомпозиции имитационных моделей металлообрабатывающего производства. Разработка концептуальной модели. Разработка модели в программной среде. Определение «узкого места» при выполнении производственного процесса.
4	Интернет вещей	Значение IoT. Отраслевые примеры применения IoT. Промышленная автоматизация. Компоненты IoT. Влияние Интернета вещей на производителя. Особенности российского рынка IoT

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	ПР-1 Интерфейс программы Tecnomatix Plant Simulation и порядок работы при построении имитационной модели участка механической обработки	6
2	ПР-2 Создание стратегии работы производственной ячейки	6
3	ПР-3 Регистрация результатов параметров технологического процесса	12
4	ПР-4 Моделирование использования рабочих при имитации производственного процесса	6
5	ПР-5 Применение электрокары для организации производственного процесса	6
6	ПР-6 Энергоэффективность технологического процесса	6
7	ПР-7 Применение объекта PortalCrane для	6

	перемещения заготовок	
--	-----------------------	--

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям	8
2	Подготовка к экзамену	4
3	Проработка разделов теоретического материала	8
4	Прохождение массового открытого онлайн-курса	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: Дискуссия

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

1. Стрелков А.Б. Имитационное моделирование, оптимизация производственных систем: Методические указания по практическим работам для магистрантов / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т авиамашиностроения и трансп., Каф. технологии и оборудования машиностроительных производств; сост.: А. Б. Стрелков. Иркутск: ИРНИТУ, 2019.
2. Стрелков А.Б. Имитационное моделирование в пакете Tecnomatix Plant Simulation: Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2020.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Последовательность изучения материалов курса:

1. Для самостоятельной работы используйте электронный курс в системе «Moodle» <https://el.istu.edu/enrol/index.php?id=5995>
2. При подготовке к практическим работам изучите лекционный материал, посмотрите видеофильмы по теме предстоящего занятия. Ответьте на контрольные вопросы. Ознакомьтесь с порядком выполнения практической работы.
3. При подготовке к экзамену повторите теоретический материал. Ознакомьтесь с экзаменационными вопросами и критериями оценивания.

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Описание процедуры: процедура устного опроса одинакова для всех разделов и тем. Наименования тем совпадают с названиями практических работ. Проводится индивидуальный опрос каждого студента после выполнения студентом соответствующей

практической работы и подготовки отчета. Результаты опроса являются основанием для оценки полноты и правильности выполнения практических работ, усвоения материала аудиторного занятия. В случае допущения студентом неточности при ответе на контрольный вопрос преподаватель формулирует правильный ответ. При неправильном ответе студенту предлагается устранить недостатки в подготовке, после чего процедура устного опроса повторяется.

Тема 1. «Инструменты и методы планирования на промышленном предприятии»

Примерные вопросы для контроля:

1. В чем сущность имитационного моделирования?
2. Чем определяется необходимость применения ИМ в производстве?
3. Дайте определения основным понятиям ИМ.
4. Дайте классификацию ИМ.
5. Опишите обобщённую структуру ИМ.
6. Дайте классификацию языков моделирования.

Тема 2. «Построение имитационных моделей производств»

Примерные вопросы для контроля:

1. Перечислите наиболее характерные особенности сложных систем.
2. Назовите причины выбора ИМ в качестве инструмента изучения сложных систем.
3. Дайте классификацию рабочих нагрузок в машиностроительном производстве.
4. Опишите свойства ИМ рабочих нагрузок.
5. По каким критериям и в какой последовательности выбираются языки имитационного моделирования?
6. Чем определяется уровень декомпозиции модели сложной системы?
7. Какие критерии используются при декомпозиции модели сложной системы?
8. Опишите основные этапы разработки ИМ.
9. В чем особенности разработки параллельных процессов при имитационном моделировании сложной системы?

Тема 3. «Имитационное моделирование в задачах технологического инжиниринга»

Примерные вопросы для контроля:

1. Опишите основные направления использования ИМ в задачах технологического инжиниринга.
2. Дайте характеристику «прямой» и «обратной» задач технологического инжиниринга.
3. Опишите направления применения имитационного моделирования в технологическом инжиниринге.
4. Опишите направления применения имитационного моделирования в техническом инжиниринге.
5. Дайте общую характеристику программных продуктов имитационного моделирования.
6. Опишите основные принципы декомпозиции имитационных моделей металлообрабатывающего производства.

Тема 4: «Интернет вещей»

Примерные вопросы для контроля:

1. Что входит в понятие Интернета вещей?
2. Когда возник Интернет вещей и почему?
3. Укажите базовые принципы IoT.
4. Как соотносятся физические и виртуальные вещи?

5. Кто занимается стандартизацией Интернета вещей?
6. Какие элементы входят в состав RFID-системы?
7. Сравните характеристики систем RFID и на базе штрих-кода.
8. Что такое сенсорная сеть? Из каких элементов она состоит?
9. В чем особенность самоорганизующейся (ad hoc) сети связи?

Критерии оценивания.

Критерии оценки – одинаковы для всех тем и разделов:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изученного;
- 3) формулирование ответа в соответствии с нормами литературного русского языка.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-1.5	Способен разрабатывать имитационные модели производственных участков с визуализацией материальных потоков по рабочим местам.	Тест, контрольное задание.

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Экзамен проводится в период экзаменационной сессии, предусмотренной учебным планом. Для подготовки к экзамену выдаётся список вопросов по всему курсу. Форма проведения экзамена, критерии оценки ответа обучающегося доводятся до сведения обучающихся до начала экзамена. Результат экзамена объявляется обучающемуся непосредственно после его сдачи. Оценка выставляется в экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося. Выставление оценок на экзамене осуществляется на основе принципов объективности, справедливости, всестороннего анализа уровня знаний и освоения компетенций обучающихся.

Студенту необходимо выполнить контрольное задание, и пройти тест (тест состоит из 10 вопросов). Максимальное количество баллов за тестовую часть – 10 б., максимальное количество баллов за практическую часть – 90 б. Итоговая оценка = баллы за тестовую часть + (90 - $\sum X_i$)

В качестве критерий оценки X_i выступают:

- 1) не построены графики загрузки оборудования («-5» баллов);
- 2) не оценено энергопотребление («-5» баллов);
- 3) предложенные способы оптимизации производственной линии привели к увеличению срока выпуска продукции («-5» баллов);
- 4) в модели не заложена вероятность отказов («-5» баллов);
- 5) предложенные способы оптимизации производственной линии привели к её остановке («-20» баллов, базовая модель при этом должна работать);
- 6) не сформирован отчёт в формате HTML («-5» баллов);
- 7) построенная модель не использует сенсоры, датчики отсчёта продукции («-1» балл);

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
<p>Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач. Приводит свои примеры. Суммарный балл -</p>	<p>Твёрдо знает материал, грамотно и, по существу, излагает его. Не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приёмами их выполнения. Суммарный балл - 89...80.</p>	<p>Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение логической последовательности в изложении программного материала. Суммарный балл - 79...60.</p>	<p>Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задание. Суммарный балл - менее 60.</p>

90...100.			
-----------	--	--	--

7 Основная учебная литература

1. Стрелков А. Б. Имитационное моделирование, оптимизация производственных систем : электронный курс / А. Б. Стрелков, Е. П. Николаева, 2022
2. Сачко Н. С. Планирование и организация машиностроительного производства : курсовое проектирование: учебное пособие для вузов по техническим специальностям / Н. С. Сачко, И. М. Бабук, 2015. - 239.
3. Смирнов А. М. Организационно-технологическое проектирование участков и цехов : учебное пособие / А. М. Смирнов, Е. Н. Сосенушкин, 2017. - 228.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Организация производства и менеджмент в машиностроении : учебник для вузов по направлениям подготовки "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" . / Н. Ф. Ревенко [и др.]; под ред. Н. Ф. Ревенко, А. Г. Схиртладзе, 2010. - 551.
2. Пилипчук С. Ф. Логистика предприятия. Складирование : учебное пособие / С. Ф. Пилипчук, 2020. - 300.
3. Хачатурян Н. М. Организация производства на предприятиях машиностроения : учеб. пособие для оч. и заоч. форм обучения специальностей 151001 "Технология машиностроения" ... / Н. М. Хачатурян, 2006. - 287.
4. Технологии создания интеллектуальных устройств, подключенных к Интернет : учебное пособие / А. В. Приемьшев [и др.], 2018. - 100.
5. Вороненко В. П. Проектирование машиностроительного производства : учебник / В. П. Вороненко, М. С. Чепчуров, А. Г. Схиртладзе, 2019. - 416.
6. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic 5 / Юрий Карпов, 2009. - 390.
7. Клейнен Статистические методы в имитационном моделировании [Текст] : в 2 вып. Вып. 1, 1978. - 222.
8. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю. М. Соломенцев [и др.] ; отв. ред. Ю. М. Соломенцев, 2003. - 290.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>
3. <https://openedu.ru/course/spbstu/FUTFACT/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft® Windows Professional 7 Russian
2. Свободно распространяемое программное обеспечение Microsoft® Office 2010 Russian
3. Свободно распространяемое программное обеспечение Siemens NX 12 Academic CAD+CAM (учебная)
4. Свободно распространяемое программное обеспечение Siemens Tecnomatix Plant Simulation 16.0 (Студенческая версия, свободно распространяемое ПО)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Мультип.проектор "BenQ MW621ST" с экраном
2. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
3. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
4. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
5. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
6. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
7. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
8. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
9. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
10. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
11. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1
12. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

13. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

14. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

15. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

16. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1

17. Компьютер Asustek P8H6-M/Intel Core i5
2400/4Gb/HDD2TB/DVD-RW/ATX550W/LCD22/ИБП1