

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

Структурное подразделение «Технология и оборудование машиностроительных производств»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №9 от 16 апреля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ЦИФРОВИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА»

Направление: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Передовые производственные технологии

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью
Составитель программы:
Матлыгин Георгий Валерьевич
Дата подписания: 18.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Утвердил: Пашков Андрей Евгеньевич
Дата подписания: 19.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью
Согласовал: Савилов Андрей Владиславович
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 «Цифровизация технологической подготовки производства» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способность разрабатывать и внедрять эффективные технологии изготовления машиностроительных изделий с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства	ПК-1.9

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.9	Способен разрабатывать прогрессивные технологические процессы изготовления изделия гарантированного качества на основе применения цифрового проектирования	Знать современные способы программирования станка с ЧПУ; основные принципы разработки технологического маршрута на станке с ЧПУ; схемы формообразования типовых поверхностей в САМ системах Уметь эффективно использовать информационные технологии и связанное с ними программное обеспечение; задавать необходимые режимы резания, визуализировать процесс обработки; создавать управляющие программы для станков с ЧПУ и РТК; оценивать точность и достоверность результатов моделирования Владеть навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов; навыками проектирования типовых технологических процессов изготовления машиностроительной продукции с использованием цифровых двойников; навыками применения элементов анализа этапов жизненного цикла продукции и управления ими; работы с интернет-ресурсами, базами данных и каталогами

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Цифровизация технологической подготовки производства» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Машиностроение и технологии производства», «Контроль качества в цифровом производстве»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Оптимизация технологических процессов механообработки», «Автоматизация технологических процессов в машиностроении», «Производственная практика: преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	45	45
лекции	15	15
лабораторные работы	15	15
практические/семинарские занятия	15	15
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	99	99
Трудоемкость промежуточной аттестации	0	0
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 3

№ 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	Современные САМ-системы	1	2					2, 4	10	Устный опрос
2	Программирование с использованием G-команд	2	2			1	2	1, 3, 4	12	Отчет
3	Фрезерная обработка	3	5	1, 3	7			1, 3, 5	48	Отчет по лабораторной работе
4	Высокоскоростная обработка (BCO)	4	2	1	4			1, 3	4	Отчет по лабораторной работе
5	Токарная и	5	4	2	4			1, 3	6	Отчет по

	токарно-фрезерная обработка в NX									лабораторной работе
6	Высокоуровневая автоматизация разработки управляющих программ для станков с ЧПУ	6			2, 5	7	1, 3	5		Отчет по лабораторной работе
7	События задаваемые пользователем	7			4	2	1, 3	4		Отчет
8	Измерительные операции	8			3	4	1, 3, 4	10		Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет с оценкой
	Всего		15		15	15		99		

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Современные САМ-системы	Обзор рынка современных САМ систем. Назначение и характеристики современных САМ-систем. Методы программирования. Общая схема работы с САД/САМ-системой. Уровни САМ-системы. Алгоритм работы в САМ-системе. Требования к современной САМ-системе.
2	Программирование с использованием G-команд	Структура кадра управляющей программы. G- и M-команды. Модальность команд
3	Фрезерная обработка	Базовые настройки NX САМ. Система координат при фрезерной обработке. Основные типы операций. 2.5-осевое фрезерование плоских граней Mill Planar. 3-х осевые контурные операции Mill Contour. Обработка отверстий и бобышек с использованием шаблона Hole Making. Пяти осевая обработка mill multi-axis. Использование виртуальной модели станка для отработки управляющей программы
4	Высокоскоростная обработка (ВСО)	Область применения ВСО. Требования к элементам технологической системы для ВСО. Требования к САМ системам для высокоскоростной обработки. Шаблоны резания для высокоскоростной обработки. Сторонние модули для высокоскоростной обработки, интегрируемые в среду NX
5	Токарная и токарно-фрезерная обработка в NX	Инициализация для токарной и токарно-фрезерной обработки. Задание систем координат и геометрии. Создание операций и инструмента. Проектирование токарных и токарно-фрезерных операций
6	Высокоуровневая	Обработка на основе элементов. Задание

	автоматизация разработки управляющих программ для станков с ЧПУ	технических условий (PMI). Редактор правил обработки. Обучение элементам и операциям
7	События задаваемые пользователем	Операции управления станком, и события, определяемые пользователем. Уникальные события для системы ЧПУ Sinumerik
8	Измерительные операции	Проектирование измерительных операций в NX CMM Inspection Programming. Создание программ в ручном режиме. Создание программ в автоматическом режиме. Щупы и координатно-измерительные машины

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Обработка с переменным вектором оси инструмента	4
1	Высокоскоростное фрезерование детали Кронштейн из алюминиевого сплава	4
2	Многошпиндельная токарно-фрезерная обработка с использованием виртуальной модели станка	4
3	Программирование гибридной обработки в NX CAM	3

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Ручное программирование с использованием G-команд	2
2	Создание режущего и вспомогательного инструмента на основе твердотельных моделей для библиотеки CAM-системы	2
3	Программирование контрольно-измерительных машин в CMM Inspection Programming	4
4	Изучение событий управления станком, и команд, определяемых пользователем используемых в CAM системе	2
5	Программирование станка с ЧПУ оснащенного РТК	5

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	15
2	Подготовка к зачёту	8
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	22
4	Проработка разделов теоретического материала	14
5	Решение специальных задач	40

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: мастер-класс, работа в малых группах, компьютерные презентации

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

Ссылка на ЭОР в системе MOODLE по курсу: Цифровизация технологической подготовки производства <https://el.istu.edu/course/view.php?id=3871>

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Ссылка на ЭОР в системе MOODLE по курсу: Цифровизация технологической подготовки производства <https://el.istu.edu/course/view.php?id=3871>

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Ссылка на ЭОР в системе MOODLE по курсу: Цифровизация технологической подготовки производства <https://el.istu.edu/course/view.php?id=3871>

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 3 | Устный опрос

Описание процедуры.

Студенты получают по одному вопросу на заданную тему, подготовиться к ответу, на который должны в течение 15 минут

Примерный перечень вопросов для проведения устного опроса:

Тема «Современные САМ-системы»

- 1) Какие отечественные и зарубежные САМ-системы Вы знаете?
- 2) Какие метода программирования обработки для станков с ЧПУ Вы знаете?
- 3) Какие требования предъявляться к современным САМ-системам?
- 4) Общая схема работы с САД/САМ-системой;
- 5) Уровни САМ-систем;
- 6) Что такое угол опережения?
- 7) Что такое угол отклонения?
- 8) Преимущества роботов перед классическими станками с ЧПУ.

Тема «Измерительные операции»

- 1) Типы координатно-измерительных машин
- 2) Для чего предназначен модуль NX CMM Inspection Programming?
- 3) Как создать объект команды КИМ?
- 4) Для чего предназначен графический отчёт?
- 5) Для чего можно использовать PMI-данные?
- 6) Основные факторы, влияющие на точность КИМ.
- 7) Методы обработки результатов измерений
- 8) Что является наиболее важным элементом средств автоматического контроля
- 9) Для чего необходима процедура калибровки измерительных щупов
- 10) Что такое «ТУ связь»
- 11) Какие режимы создания программы есть в NX CMM Inspection Programming.
- 12) Какие языки вывода используются в NX CMM Inspection Programming
- 13) Какие типы допусков используются в NX.
- 14) Какие типы элементов поддерживаются NX CMM Inspection Programming

Критерии оценивания.

Ответы на устный опрос оцениваются «зачтено» или «незачтено». Оценка «зачтено» ставится, если студент раскрыл вопрос в полном объёме, логично и последовательно, привёл примеры (если есть такая возможность). Оценка «незачтено» ставится в случае, если студент не смог раскрыть поставленный вопрос. Студенту даётся возможность пересдачи по расписанию консультаций преподавателя

6.1.2 семестр 3 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Отчёт по лабораторным работам формируется стандартными средствами NX «Цеховая документация» в формате НТМ, содержащим сведения о применяемой операции, инструменте.

Критерии оценивания.

Защита происходит на основании отчёта и контрольных вопросов, приведённых в конце каждой лабораторной работы. Лабораторная работа оценивается «зачтено» или «незачтено».

Оценка «зачтено» ставится, если задача, решаемая в лабораторной работе решена правильно, и студент раскрыл ответил на контрольные вопросы в полном объёме, логично и последовательно, привёл примеры (если есть такая возможность).

Оценка «незачётное» ставится в случае, если задача решена неправильно (на детали есть зарезы, соударения инструмента с заготовкой или оснасткой, неправильно выбрана стратегия обработки, неверно подобран режущий инструмент), и студент не смог раскрыть поставленный вопрос. Студенту даётся возможность пересдачи по расписанию консультаций преподавателя.

6.1.3 семестр 3 | Отчет

Описание процедуры.

Написание программы с использованием соответствующих G- и M-кодов, согласно выданного задания.

Критерии оценивания.

Защита происходит на основании отчёта. Лабораторная работа оценивается «зачтено» или «незачтено».

Оценка «зачтено» ставится, если код написан правильно и содержит комментарии по каждой строке кода.

Оценка «незачётное» ставится в случае, если код описан неправильно, содержит более трех ошибок и студент не может аргументированно объяснить написанные строки кода. Студенту даётся возможность передачи по расписанию консультаций преподавателя.

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-1.9	<p>Знает терминологию, общие понятия, определения и основные принципы разработки управляющих программ в САМ системах;</p> <p>Разрабатывает управляющие программы для станков с ЧПУ с применением виртуальной модели оборудования;</p> <p>Выполнить наладку оснастки, зажимного приспособления для обрабатываемых деталей и заготовки во фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ;</p> <p>Управлять условиями резания на основе свойств используемых материалов и оснастки;</p> <p>Использует интернет-ресурсы и базы данных при подборе режущего инструмента и оснастки. Отвечает на вопросы самостоятельно, приводя свои примеры.</p>	<p>Выполнение практического задания</p> <p>Устное собеседование по теоретическим вопросам.</p>

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения дифференцированного зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

1. Что называется постоянным циклом?
2. Что такое плоскость отвода?
3. Для чего используется цикл прерывистого сверления?
4. В чём разница между плоскостью отвода и исходной плоскостью?
5. Для чего используют функцию автоматической коррекции на радиус инструмента?

6. Перечислите G-коды для автоматической коррекции радиуса инструмента.
7. Что принято указывать в УП раньше – компенсацию длины инструмента или автоматическую коррекцию радиуса инструмента?
8. Для чего предназначен постпроцессор?
9. Методы программирования.
10. Схема работы с CAD/CAM системой.
11. В каких направлениях измеряться углы опережения и отклонения?
12. Какие виды СКС существуют в NX в зависимости от вида обработки?
13. Какие нулевые точки и точки начала отсчёта вы знаете?
14. Для чего предназначены точки трассировки?
15. На какие классы разделён режущий инструмент в NX?
16. Какие подтипы операций используются в NX при токарной обработке?
17. Для чего используются углы безопасности при токарной обработке? Какие два правила назначения углов безопасности существуют в NX?
18. Какие типы врезания предусмотрены в NX для токарной обработки?
19. Для чего используется настройка AVOIDANCE?
20. Для каких случаев токарной обработки доступна коррекция инструмента? Какие варианты задания коррекции предусмотрены в программе?
21. Какую операцию можно использовать для развёртывания отверстия?
22. Каким образом можно задать ширину фрезерования в NX.
23. Каким образом можно настроить замедление подачи в углах.
24. Какие CAD/CAM системы Вы знаете? Назовите их достоинства и недостатки, технологические возможности.
25. Преимущества роботов перед классическими станками с ЧПУ.
26. Какие отечественные и зарубежные САМ-системы Вы знаете?
27. Какие преимущества даёт отработка управляющей программы на виртуальной модели оборудования?
28. Чем отличается верификация от симуляции обработки?
29. Перечислите основные M-коды.
30. В чем особенность отображения траектории инструмента при программировании токарно-фрезерной обработки?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами,	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,	Имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушение логической последовательности в изложении программного материала,	Не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задание. При верификации УП на детали имеются зарезы и области с неснятым материалом, а также имеются столкновения инструмента с деталью

<p>вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, владеет разносторонними навыками и приёмами выполнения практических задач. Приводит свои примеры.</p> <p>Умеет разрабатывать управляющие программы для токарных и фрезерных ОЦ. При верификации отсутствуют столкновения режущего инструмента, зарезы на детали.</p> <p>Выполняет наладку станка на обработку.</p>	<p>владеет необходимыми навыками и приёмами их выполнения.</p> <p>Умеет разрабатывать управляющие программы станков с ЧПУ. При верификации отсутствуют столкновения режущего инструмента, зарезы на детали.</p> <p>Однако могут наблюдаться области недоснятого материала</p>	<p>испытывает затруднения при выполнении практических заданий. При верификации УП есть не более одного столкновения режущего инструмента с деталью.</p>	<p>или оснасткой</p>
--	---	---	----------------------

7 Основная учебная литература

1. Балла О. М. Технологическая подготовка производства для станков с ЧПУ. Проектирование и изготовление специальных и специализированных фрез : учебное пособие для вузов / О. М. Балла, 2022. - 512.
2. Пярых А. С. Технология высокопроизводительной механообработки деталей машин : учебное пособие / А. С. Пярых, А. В. Савилов, С. А. Тимофеев, 2020. - 102.
3. Звонцов И. Ф. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Машиностроение" / И. Ф. Звонцов, К. М. Иванов, П. П. Серебренецкий, 2018. - 585.
4. Зубарев Ю. М. Автоматизация координатных измерений в машиностроении : учебное пособие для машиностроительных вузов / Ю. М. Зубарев, С. В. Косаревский, 2017. - 159.
5. Балла О. М. Обработка деталей на станках с ЧПУ. Оборудование. Оснастка. Технология : учебное пособие / О. М. Балла, 2018. - 368.
6. Малюх В. Н. Введение в современные САПР : курс лекций / В. Н. Малюх, 2010. - 190.
7. Балла О. М. Инструментообеспечение современных станков с ЧПУ : учебное пособие / О. М. Балла, 2021. - 200.

8. Зубарев Ю. М. Автоматизация координатных измерений в машиностроении : учебное пособие / Ю. М. Зубарев, С. В. Косаревский, 2021. - 160.

9. Сурина Е. С. Разработка управляющих программ для системы ЧПУ [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е. С. Сурина, 2022. - 268.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Управление техническим документооборотом на основе CALS-технологий : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Конструкт.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" ... / С. Г. Емельянов [и др.], 2004. - 293.

2. Григорьев С. Н. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ : справочник / С. Н. Григорьев, М. В. Кохомский, А. Р. Маслов; под общ. ред. А. Р. Маслова, 2006. - 544.

3. Фельдштейн Е. Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов "Конструктор.-технол. обеспечение машиностроит. пр-в" ... / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, 2008. - 298.

4. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для вузов по направлению подготовки "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" / Ю. А. Бондаренко [и др.], 2011. - 291.

5. Данилов Ю. В. Практическое использование NX : учебное пособие / Ю. В. Данилов, И. А. Артамонов, 2011. - 331.

6. NX для конструктора-машиностроителя : учебное пособие / П. С. Гончаров [и др.], 2010. - 498.

7. Козырев Ю. Г. Применение промышленных роботов : учебное пособие для студентов вузов по направлению подгот. "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных пр-в" и специальности "Автоматизация технологических процессов и пр-в (машиностроение)" направления подготовки "Автоматизированные технологии и пр-ва" / Ю. Г. Козырев, 2013. - 488.

8. Ловыгин А. А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система / А. А. Ловыгин, Л. В. Теверовский, 2015. - 278.

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. <http://planetacam.ru>

4. https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/

5. <http://www.cad-cam-cae.ru/>

6. <http://cccp3d.ru/>

7. <http://www.ccm-maschinenbau.com/>

8. <https://grabcad.com>

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

1. Microsoft Windows Seven Professional [1x1000] RUS (проведен апгрейд с Microsoft Windows Seven Starter [5x200])-поставка 2010
2. Microsoft Office Standard 2010_RUS_ поставка 2010 от ЗАО "СофтЛайн Трейд"
3. Siemens NX 1899 Academic CAD+CAM (учебная)_обновление 2019 _50 р.м.
4. Свободно распространяемое программное обеспечение CoroGuide
5. Свободно распространяемое программное обеспечение Walter GPS
6. Свободно распространяемое программное обеспечение Machining Cloud App
7. T-FLEX

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. экран на треноге 213*213
2. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb*2шт./DVDRW/ATX 450
3. Проектор InFocus LP 530
4. Фрезерный 5-ти координатный обрабатывающий центр DMU 80P DUO BLOCK
5. Фрезерный 5-координатный обрабатывающий центр HSC-75V Linear DMG ERGOline
6. Универсальный 2-осевой токарный обрабатывающий центр с системой числового программного управления с осью С DMG NEF 400V3