

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 26.06.2026 18:28:11
Уникальный программный идентификатор:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Рязанский институт (филиал) федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»**

Рабочая программа дисциплины

«Спецкурс по программированию многокоординатной обработки»

Направление подготовки

**15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»**

Направленность образовательной программы

Металлорежущие станки и инструменты

Квалификация, присваиваемая выпускникам

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год набора - 2026

**Рязань
2026**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриата по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1044 от 17 августа 2020 года;

- учебным планом по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, направленность «Металлорежущие станки и инструменты».

Рабочая программа дисциплины включает в себя оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (п.7 Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации).

Автор: Н. В. Аверин, старший преподаватель кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт»

Программа одобрена на заседании кафедры «Машиностроение, энергетика и автомобильный транспорт» (протокол № 3 от 19.03.2026).

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

1.1 Цель освоения дисциплины

Таблица 1.1 – Задачи профессиональной деятельности

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Тип задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности
28 Производство машин и оборудования	Производственно-технологический	Обеспечение качества и производительности изготовления машиностроительных деталей в автоматизированном производстве

К основным задачам изучения дисциплины относится подготовка обучающихся к выполнению трудовых функций в соответствии с профессиональными стандартами (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Трудовые функции

Наименование профессионального стандарта	Код, наименование и уровень квалификации ОТФ, на которые ориентирована дисциплина	Код и наименование трудовых функций, на которые ориентирована дисциплина
28.025 Специалист по проектированию технологических процессов автоматизированного производства	В5, Технологическая подготовка автоматизированного производства деталей машиностроения средней сложности	В/03.5 Разработка УП для изготовления деталей машиностроения средней сложности в условиях автоматизированного производства

1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В таблице 1.3 представлены компетенции, формируемые у обучающегося в результате освоения дисциплины, индикаторы их достижения и планируемые результаты обучения по дисциплине.

Таблица 1.3 – Содержание осваиваемых компетенций

Код и наименование компетенции	ПК-2 Разработка УП для изготовления деталей машиностроения средней сложности в условиях автоматизированного производства
Код и наименование индикатора достижения компетенции	ПК-2.1. Разработка планов операций изготовления деталей машиностроения средней сложности на автоматизированном оборудовании ПК-2.2. Составление и редактирование УП обработки заготовок деталей машиностроения средней сложности на автоматизированном оборудовании
Планируемые результаты обучения по дисциплине	Знать принципы многокоординатной обработки, кинематические схемы современных токарно-фрезерных центров с

приводным инструментом и многокоординатных сверлильно-фрезерно-расточных станков (4-, 5-осевые, в том числе с поворотным столом и наклонным шпинделем), системы координат с поворотными осями (А, В, С) и правила их настройки;

расширенный синтаксис управляющих программ для многокоординатной обработки: команды интерполяции поворотных осей, смещения инструмента в пространстве, коррекцию на длину инструмента в 5 осях, синхронизацию каналов для токарно-фрезерных операций;

технологические возможности и ограничения обработки сложных деталей на токарных станках с ЧПУ с приводным инструментом: использование осей С и Y, циклы фрезерования и сверления несоосных элементов, стратегии обработки с противошпинделем;

классификацию стратегий многокоординатного фрезерования в САМ-системах (3+2, непрерывная 5-ось, морфологические и адаптивные траектории), способы управления ориентацией инструмента, методы предотвращения сингулярностей и коллизий;

методику проектирования технологических операций для сложных корпусных деталей и тел вращения с несоосными поверхностями, критерии выбора режущего инструмента и режимов резания при многокоординатной обработке, современные подходы к верификации и контролю управляющих программ.

Уметь

разрабатывать технологические процессы изготовления сложных деталей для многокоординатных токарно-фрезерных и сверлильно-фрезерно-расточных обрабатывающих центров; применять САМ-системы для создания многокоординатных траекторий: настраивать ориентацию инструмента в пространстве;

выполнять постпроцессирование и адаптацию управляющих программ под конкретную кинематику многокоординатного станка, проводить имитационное моделирование с верификацией на виртуальном станке, анализировать и устранять коллизии;

обоснованно выбирать стратегии многокоординатной обработки и режимы резания для обеспечения заданных точности и шероховатости сложных поверхностей, контролировать качество управляющих программ по критериям производительности и безопасности.

Владеть

навыками программирования многокоординатных операций для изготовления типовых сложных деталей (корпусных, тел вращения с несоосными элементами, лопаточных венцов) в САМ-системах с использованием стратегий 3+2 и непрерывной 5-осевой обработки;

приёмами разработки и отладки многоканальных управляющих программ для токарных станков с приводным

	инструментом, включая синхронизацию противошпинделя и оси С, настройку передачи детали и фрезерно-сверлильных переходов; методикой комплексной верификации многокоординатных УП с применением специализированных симуляторов, анализа машинного времени и оптимизации траекторий для исключения сингулярностей и столкновений;
--	--

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) Блока 1 образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Дисциплины, на освоении которых базируется данная дисциплина:

- Управление технологическими процессами на оборудовании с числовым программным управлением, Технология обработки на станках с числовым программным управлением, Технология машиностроения, Программирование станков с числовым программным управлением.

Для освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- принципы построения и функционирования современных систем числового программного управления, архитектуру стоек ЧПУ, системы координат и способы их настройки;
- синтаксис и семантику языка программирования G- и M-кодов, структуру управляющей программы, модальные и немодальные команды, циклы постоянной обработки и параметрическое макропрограммирование;
- методологию разработки управляющих программ с использованием САМ-систем: этапы от импорта CAD-модели до генерации кода, настройку заготовки, инструмента, стратегий и постпроцессирования;
- технологические особенности программирования токарных, фрезерных и многоцелевых станков, принципы выбора режущего инструмента и режимов резания в цифровой среде;

Уметь:

- создавать и редактировать управляющие программы в стандартных G-кодах для типовых операций точения и фрезерования, в том числе с использованием постоянных циклов и макрокоманд;
- работать в САМ-системе: импортировать геометрию, назначать стратегии черновой, получистовой и чистовой обработки, формировать технологические переходы и генерировать траектории инструмента;
- выполнять верификацию и симуляцию механической обработки, выявлять зарезы, столкновения и коллизии, оценивать качество траекторий по критериям точности и производительности;
- адаптировать постпроцессор под конкретную стойку ЧПУ, анализировать и корректировать результирующий программный код;

Владеть:

- навыками разработки полноценных управляющих программ для 2,5- и 3-осевой фрезерной обработки, токарной обработки и сверлильно-расточных операций с использованием САМ-систем;
- приёмами виртуальной оптимизации траекторий, включая настройку врезаний, перебегов и холостых ходов, с целью сокращения машинного времени;
- методикой сквозного проектирования «CAD-модель – САМ-проект – управляющая программа – симуляция» для типовых элементов технологических приспособлений (корпусных, базовых, зажимных)

Изучение дисциплины является необходимым условием для эффективного прохождения практической подготовки. В таблице 2.1 представлена структурно-логическая схема формирования компетенций.

Таблица 2 – Структурно-логическая схема формирования компетенций

Компетенция	Предшествующие дисциплины		Последующие дисциплины
ПК-2	Технология обработки на станках с числовым программным управлением; Управление технологическими процессами на оборудовании с числовым программным управлением	Данная дисциплина	Производственная практика (преддипломная)

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов для заочной формы обучения. Распределение часов по видам работ представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Распределение часов по видам работ

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоемкость, час (очная/заочная ФО)
Общая трудоемкость дисциплины, час	72
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	18
занятия лекционного типа	12
занятия семинарского типа	6
лабораторные работы	0
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	54
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	54
Курсовой проект	-
Подготовка доклада	-
Контрольная работа	-

Промежуточная аттестация	Зачет
--------------------------	-------

3.1 Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Распределение разделов (тем) дисциплины по видам учебных занятий и их трудоемкость указаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Распределение разделов (тем) дисциплины по видам учебных занятий и их трудоемкость

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся, и трудоемкость (в часах)				
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Форма текущего (промежуточного) контроля
1	Введение. Проектирование технологических операций для сложных деталей на многокоординатных центрах	12	2	0	0	10	Устный опрос
2	Специфика программирования токарных станков с ЧПУ с приводным инструментом.	12	2	2	0	8	Устный опрос
3	Стратегии многокоординатного фрезерования в САМ-системах	12	2	2	0	8	Устный опрос
4	Постпроцессирование и адаптация УП под многокоординатную кинематику	12	2	0	0	10	Устный опрос
5	Верификация, симуляция и контроль управляющих программ	12	2	2	0	8	Устный опрос
6	Оптимизация управляющих программ и комплексное решение технологических задач	12	2	0	0	10	Устный опрос
	Форма аттестации						Зачет
	Всего часов по дисциплине	72	12	6	0	54	

3.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Содержание лекционных занятий приведено в таблице 3.4, практических занятий – в таблице 3.5.

Таблица 3.4 – Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
1	Введение.	Современные многокоординатные станки:

	Проектирование технологических операций для сложных деталей на многокоординатных центрах	кинематические схемы 4- и 5-осевых фрезерных центров, токарно-фрезерных станков с приводным инструментом. Системы координат с поворотными осями. Принципы индексной и непрерывной 5-осевой обработки. Методика технологической подготовки: анализ конструктивных элементов, выбор схем базирования, определение последовательности установов. Проектирование операций для токарно-фрезерных центров.
2	Специфика программирования токарных станков с ЧПУ с приводным инструментом.	Возможности осей С и Y, управление противошпинделем, команды синхронизации каналов. Разработка структуры многоканальной управляющей программы для токарно-фрезерного центра: передача детали, синхронизация шпинделей, фрезерные и сверлильные переходы.
3	Стратегии многокоординатного фрезерования в САМ-системах	Индексная обработка: задание рабочей плоскости, выбор ориентации для черновой и чистовой обработки сложных корпусных деталей. Стратегии непрерывной 5-осевой обработки: «стороны к оси», «по направляющей», «морфологическая обработка». Специализированные стратегии для лопаток, крыльчаток, моноколёс. Управление наклоном инструмента, настройка переходов и подводов для минимизации врезаний.
4	Постпроцессирование и адаптация УП под многокоординатную кинематику	Особенности настройки постпроцессора для станков с поворотными осями: конфигурация кинематики, ограничения перемещений, оптимизация поворотов. Генерация и анализ кода для различных систем ЧПУ.
5	Верификация, симуляция и контроль управляющих программ	Имитационное моделирование многокоординатной обработки на виртуальном станке (G-код симуляция). Проверка коллизий инструмента, оправки и заготовки. Методики контроля точности и качества траекторий, анализ машинного времени.
6	Оптимизация управляющих программ и комплексное решение технологических задач	Приёмы оптимизации многокоординатных траекторий: уменьшение холостых ходов, сглаживание, управление подачей в зависимости от условий резания. Обоснование выбора стратегии и режимов для конкретной детали, оформление технологической документации.

Таблица 3.5 – Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
2	Специфика программирования токарных станков с ЧПУ с приводным инструментом.	Разработка управляющей программы для вала с эксцентричными лысками и отверстиями: точение, фрезерование с приводным инструментом (ось С), сверление с оси Y. Синхронизация каналов точения и фрезерования.
3	Стратегии многокоординатного фрезерования в САМ-	Создание операций для обработки корпуса с наклонными плоскостями и отверстиями: задание фиксированных ориентаций инструмента, выбор

	системах	стратегий 2,5-осевой обработки в каждой рабочей плоскости, контроль столкновений.
5	Верификация, симуляция и контроль управляющих программ	Запуск полной симуляции обработки на виртуальном станке с импортированным кодом. Поиск и анализ коллизий, проверка зазоров, оценка шероховатости обработанной поверхности. Корректировка траекторий.

4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1 Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых институтом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

4.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия: вести конспектирование учебного материала; обращать

внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчёркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

4.3 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа

При подготовке к практическим занятиям, обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчёта показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что засчитывается как текущая работа студента. Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях; получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины.

4.4 Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 5.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать в специализированных аудиториях для самостоятельной работы компьютеры, обеспечивающему доступ к программному обеспечению, необходимому для изучения дисциплины, а также доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде

располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

4.5 Методические указания по подготовке доклада

При подготовке доклада рекомендуется сделать следующее. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Подготовить сопроводительную слайд-презентацию и/или демонстрационный раздаточный материал по выбранной теме.

Рекомендуется провести дома репетицию выступления с целью отработки речевого аппарата и продолжительности выступления (регламент ≈ 7 мин).

4.6 Методические указания по подготовке к контрольным мероприятиям

Текущий контроль осуществляется в виде устных и письменных ответов, выполнения заданий по теории и контрольной работы. При подготовке к опросу студенты должны освоить теоретический материал по блокам тем, выносимых на этот опрос.

4.7 Методические указания по выполнению индивидуальных типовых заданий

В случае пропусков занятий, наличия индивидуального графика обучения и для закрепления практических навыков студентам могут быть выданы типовые индивидуальные задания, которые должны быть сданы в установленный преподавателем срок. Выполненные задания оцениваются на оценку.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная:

1. Чуваков, А. Б. Подготовка технологических процессов и программирование обработки деталей на станках с ЧПУ : учебник для вузов / А. Б. Чуваков. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08647-8. — Текст : электронный //

Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/600201>.

2. Колошкина, И. Е. Основы программирования для станков с ЧПУ : учебник для вузов / И. Е. Колошкина, В. А. Селезнев. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 260 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10446-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/587249>

3. Миловзоров, О. В. Разработка управляющих программ станков с чпу : учебник для вузов / О. В. Миловзоров, Н. В. Грибов ; под общей редакцией О. В. Миловзорова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 109 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19305-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/590276>.

Дополнительная:

4. Грибов, Н.В. Управление процессами на станках с ЧПУ. Имитация обработки. Обработка деталей в токарном имитаторе ЧПУ. Практические занятия для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Рязань. РИ(ф) ГОУ ВПО МАМИ, 2014, 32 с.

5. Грибов, Н.В. Управление процессами на станках с ЧПУ. Имитация обработки. Обработка деталей в фрезерном имитаторе ЧПУ. Практические занятия для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Рязань. РИ(ф) ГОУ ВПО МАМИ, 2014, 32 с.

6. Грибов, Н.В. Размерная настройка токарного станка с системой ЧПУ FANUC серии 0i – TC. Методические указания для практических занятий для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Рязань. Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета. 2016. 20 с.

7. Грибов, Н.В. Размерная настройка фрезерного обрабатывающего центра MCV-2418 с системой ЧПУ FANUC серии 0i – TC. Методические указания для практических занятий для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Рязань. Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета. 2016. 24 с.

Перечень разделов дисциплины и рекомендуемой литературы (из списка основной и дополнительной литературы) для самостоятельной работы студентов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Учебно-методическое обеспечения самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Литература
-------	--	------------

1	Введение. Проектирование технологических операций для сложных деталей на многокоординатных центрах	Основная: 1 Дополнительная: 4, 5
2	Специфика программирования токарных станков с ЧПУ с приводным инструментом.	Основная: 1, 2 Дополнительная: 4, 5
3	Стратегии многокоординатного фрезерования в САМ-системах	Основная: 2, 3 Дополнительная: 4, 5
4	Постпроцессирование и адаптация УП под многокоординатную кинематику	Основная: 2, 3 Дополнительная: 6, 7
5	Верификация, симуляция и контроль управляющих программ	Основная: 2, 3 Дополнительная: 6, 7
6	Оптимизация управляющих программ и комплексное решение технологических задач	Основная: 2 Дополнительная: 4, 5

5.2 Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс] Справочная правовая система. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

2. Электронная библиотечная система Рязанского института (филиала) Московского политехнического института [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://bibl.rimsou.loc/> - Загл. с экрана.

3. БИЦ Московского политехнического университета [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lib.mospolytech.ru/> - Загл. с экрана.

4. Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lanbook.com/> . - Загл. с экрана.

5. Электронно-библиотечная система Юрайт [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://urait.ru/> - Загл. с экрана.

6. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека Онлайн» [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://biblioclub.ru/> - Загл. с экрана.

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства, представленного в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Программное обеспечение

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)

3	КонсультантПлюс	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
4	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)
5	T-Flex CAD	из внутренней сети университета (лицензионный договор)

6. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия семинарского типа. Для проведения занятий семинарского типа по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде института. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы института;
- библиотека, имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда института (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде института (ЭИОС) из любой точки, в которой имеется

доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории института, так и вне ее.

ЭИОС института обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.
- В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:
 - фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
 - проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
 - взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

Перечень аудиторий и материально-технических средств, используемых в процессе обучения, представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень аудиторий и материально-технических средств

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
№ 13, лекционная аудитория	Лекционные занятия, лабораторные работы	– столы, стулья; – маркерная доска, кафедра для преподавателя; – мультимедийный проектор; – экран; – компьютер (ноутбук); – аудио аппаратура.
№112, специализированная компьютерная лаборатория	Практические занятия, самостоятельная работа студентов	– столы, стулья; – мультимедийный экран; Рабочее место преподавателя: – персональный компьютер. Программное обеспечение. Рабочее место учащегося: – персональный компьютер – 24 шт; – Программное обеспечение.

7. Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Таблица 7.1 – Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение. Проектирование технологических операций для сложных деталей на многокоординатных центрах	ПК-2	Вопросы к зачету
2	Специфика программирования токарных станков с ЧПУ с приводным инструментом.		
3	Стратегии многокоординатного фрезерования в САМ-системах		
4	Постпроцессирование и адаптация УП под многокоординатную кинематику		
5	Верификация, симуляция и контроль управляющих программ		
6	Оптимизация управляющих программ и комплексное решение технологических задач		

7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибалльной шкале (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Оценивание результатов текущего контроля знаний и межсессионной аттестации

Оценка	Критерий оценивания
Отлично	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «отлично» и «хорошо», с преобладанием оценки «отлично»
Хорошо	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «хорошо» и «отлично», с преобладанием оценки «хорошо»
Удовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Выполнение практических заданий на оценки «удовлетворительно»
Неудовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий. Неудовлетворительное выполнение практических заданий.
Не аттестован	Непосещение лекционных и практических занятий. Невыполнение практических заданий.

7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Подготовка и ответы по вопросам к промежуточной аттестации:

Теоретические вопросы:

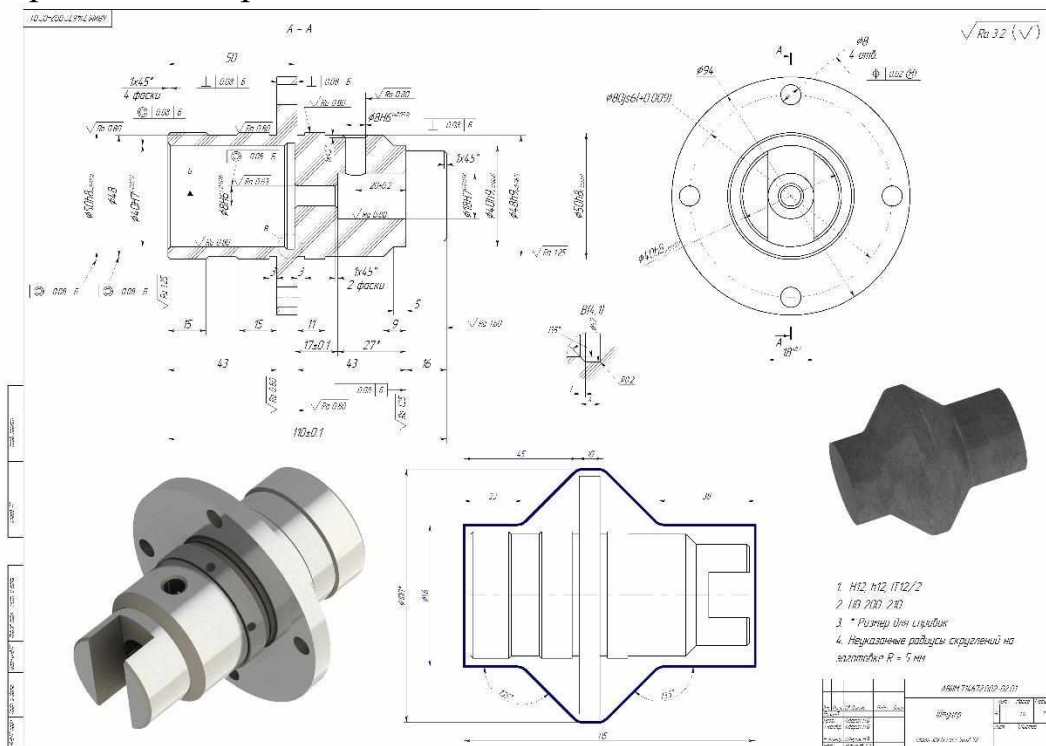
1. Системы координат многокоординатных станков.
2. Кинематические схемы 5-осевых фрезерных центров.
3. Особенности токарно-фрезерного станка с ЧПУ. Области применения и виды операций.
4. Принцип действия и назначение функции RTSP/TCPS. Поведение станка с активной и неактивной RTSP при 5-осевых перемещениях.
5. Базирование и настройка нулевых точек при многокоординатной обработке. Понятия «нуль станка», «нуль детали», «нуль инструмента» применительно к поворотным осям.
6. Виды и источники погрешностей при многокоординатной обработке, их влияние на точность. Способы компенсации.
7. Структура многоканальной управляющей программы для токарно-фрезерного центра. Каналы управления, команды синхронизации каналов.
8. Программирование сверления и фрезерования несоосных элементов с использованием оси Y токарного центра. Циклы сверления в торце и на периферии вала.
9. Управление противопинделем и передача детали.
10. Особенности назначения режимов резания для фрезерных и сверлильных переходов на токарном станке.
11. Методы программирования обработки эксцентричных элементов на токарно-фрезерном центре.
12. Типовые ошибки при программировании токарно-фрезерных операций и способы их предотвращения: конфликт каналов, выход за пределы рабочей зоны, некорректная коррекция.
13. Команды интерполяции с поворотными осями: синтаксис и примеры линейной и круговой интерполяции с одновременным перемещением линейных и поворотных осей
14. Программирование поворотов стола/шпинделя: команды позиционирования и интерполяции для поворотных осей, задание направления кратчайшего поворота.
15. Макропрограммирование для многокоординатных задач: создание циклов измерения, адаптивного управления подачей, расчёт координат поворотных осей.
16. Управление ориентацией инструмента в пространстве: задание вектора наклона (I, J, K) и его связь с постпроцессором.
17. Понятие сингулярности и способы её избегания в коде.
18. Ограничения перемещений осей: программные и аппаратные конечные выключатели, зоны безопасности, контроль выхода за пределы рабочего пространства.

19. Особенности программирования для различных стоек ЧПУ (Siemens Sinumerik, Heidenhain, Fanuc): сравнение синтаксиса команд RTCP, циклов сверления, многоканальных функций.
20. Классификация стратегий 5-осевой черновой обработки.
21. Понятие углов наклона инструмента. Их влияние на силы резания, стойкость инструмента и геометрическую точность.
22. Избегание сингулярностей в САМ-системе: методы задания альтернативных ориентаций, ограничение наклона, использование кинематических триммов.
23. Специализированные 5-осевые стратегии для обработки крыльчаток и моноколёс: особенности подхода, отвода, предотвращение столкновений с лопатками.
24. Стратегии обработки деталей типа «лопатка»: черновая выборка межлопаточного пространства, чистовая обработка пера и ступицы с контролем толщины.
25. Комбинированная обработка 3+2 и 5-ось: случаи рационального сочетания, методика разбиения детали на зоны с разной сложностью доступа.
26. Настройка параметров резания в многокоординатных стратегиях: учёт изменения скорости резания при поворотах, адаптация подачи к условиям контакта инструмента.
27. Управление переходами и подводами в многокоординатной обработке: оптимизация врезания и отвода, плавность траекторий, минимизация холостых ходов.
28. Методика проектирования технологического процесса для детали, обрабатываемой на 5-осевом фрезерном центре: анализ технологичности, выбор установов и схем базирования.
29. Проектирование операций для многокоординатной обработки корпусных деталей с наклонными отверстиями и карманами: определение последовательности обработки, выбор инструмента.
30. Технологические особенности изготовления валов с эксцентричными элементами и несоосными поверхностями на токарно-фрезерных центрах.
31. Обеспечение точности при многокоординатной обработке: расчёт ожидаемой погрешности, методы компенсации.
32. Типовые настройки постпроцессора: определение кинематической модели, задание ограничений поворотных осей, оптимизация поворотов.
33. Анализ и корректировка NC-кода, сгенерированного постпроцессором: поиск аномалий, контроль соответствия кинематической схеме.
34. Методы оптимизации многокоординатных траекторий в САМ.
35. Оптимизация по критерию минимального машинного времени: баланс черновых и чистовых стратегий, исключение длинных холостых ходов, использование скоростной обработки.

36. Анализ и устранение типовых коллизий при многокоординатной обработке: столкновения оправки с деталью, зажимным приспособлением, нерабочими частями инструмента.

Примеры заданий практической части билета:

1. Разработать управляющую программу для обработки детали типа «Тело вращения» с применением САМ системы.



2. Разработать управляющую программу для обработки детали типа «Призматическое тело» с применением САМ системы.

убедительные ответы. Быстрое, правильное и творческое принятие решений, безупречная отработка решений заданий. Умение делать выводы.	практические действия. Правильное принятие решений. Грамотная отработка решений по заданиям.	незначительные ошибки при ответах и практических действиях. Допускает неточность в принятии решений по заданиям.	необходимость в постановке наводящих вопросов
Уровень освоения компетенций			
Осваиваемые компетенции сформированы			

Таблица 7.5 – Критерии и шкала оценки знаний на зачете

Критерии	Оценка	
	«зачтено»	«не зачтено»
Объем	Твердые знания в объеме основных вопросов, в основном правильные решения практических заданий, освоены все компетенции	Нет твердых знаний в объеме основных вопросов, освоены не все компетенции
Системность	Ответы на вопросы в пределах учебного материала, вынесенного на контроль.	Нет ответов на вопросы учебного материала, вынесенного на контроль.
Осмысленность	Допускает незначительные ошибки при ответах и практических действиях.	Допускает значительные ошибки при ответах и практических действиях.

Таблица 7.6 – Критерии оценивания курсового проекта

Критерий	«Отлично»	«Хорошо»	«Удовлетворительно»
Самостоятельность выполнения и уровень работы	Курсовой проект выполнен самостоятельно и		
	имеет научно-практический характер, содержит элементы новизны	имеет прикладной характер, содержит элементы новизны	имеет прикладной характер
Содержание работы	демонстрирует знание теоретического материала по рассматриваемой проблеме, умение анализировать, аргументировать свою точку зрения, делать обобщение и выводы. Материал изложен грамотно, логично, последовательно.	демонстрирует знание теоретического материала по рассматриваемой проблеме. Материал изложен грамотно, логично, последовательно.	демонстрирует знание теоретического материала по рассматриваемой проблеме.

Оформление работы	Работа отвечает требованиям к оформлению	Оформление работы в основном отвечает требованиям к оформлению	Имеются недочеты в оформлении работы
Процедура защиты	Во время защиты студент показал умение кратко, доступно представить результаты выполнения работы, адекватно ответить на поставленные вопросы.	Во время защиты студент показал умение кратко, доступно представить результаты выполнения работы, однако затруднялся отвечать на поставленные вопросы	Во время защиты студент затрудняется в представлении результатов исследования и ответах на поставленные вопросы

7.5 Методические рекомендации по проведению экзамена

7.5.1 Цель проведения

Основной целью проведения элементов промежуточной аттестации является определение степени достижения целей по учебной дисциплине или ее разделам. Осуществляется это проверкой и оценкой уровня теоретических знаний, полученных студентами, умения применять их к решению практических задач, степени овладения студентами практическими навыками и умениями в объеме требований рабочей программы по дисциплине, а также их умение самостоятельно работать с учебной литературой.

7.5.2 Форма проведения

Формой промежуточной аттестации по данной дисциплине является экзамен у очной формы обучения, зачет и экзамен по заочной форме обучения. Экзамен проводится в объеме рабочей программы в устной форме. Экзаменационные билеты должны две части - теоретическую и практическую. Информация о структуре билетов доводится студентам заблаговременно.

7.5.3 Метод проведения

Экзамен (зачет) проводится по билетам.

По отдельным вопросам допускается проверка знаний с помощью технических средств контроля. При необходимости могут рассматриваться дополнительные вопросы и проблемы, решаться задачи и примеры.

7.5.4 Критерии допуска студентов к экзамену

В соответствии с требованиями руководящих документов и согласно Положению о текущем контроле знаний и промежуточной аттестации студентов института, к экзамену допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы.

7.5.5 Организационные мероприятия

7.5.5.1 Назначение преподавателя, принимающего экзамен

Экзамены принимаются лицами, которые читали лекции по данной дисциплине, Решением заведующего кафедрой определяются помощники основному экзаменатору из числа преподавателей, ведущих в данной группе практические занятия, а если лекции по разделам учебной дисциплины читались несколькими преподавателями, то определяется состав комиссии для приема экзамена.

7.5.5.2 Конкретизация условий, при которых студенты освобождаются от сдачи экзамена (основа - результаты рейтинговой оценки текущего контроля).

По представлению преподавателя, ведущего занятия в учебной группе, заведующий кафедрой может освободить студентов от сдачи экзамена. От экзамена освобождаются студенты, показавших отличные и хорошие знания по результатам рейтинговой оценки текущего контроля, с выставлением им оценок «отлично» и «хорошо» соответственно.

7.5.6. Методические указания экзаменатору

7.5.6.1 Конкретизируется работа преподавателей в предэкзаменационный период и в период непосредственной подготовки обучающихся к экзамену.

Во время подготовки к экзамену возможны индивидуальные консультации, а перед днем проведения экзамена проводится окончательная предэкзаменационная консультация.

При проведении предэкзаменационных консультаций рекомендуется:

- дать организационные указания о порядке работы при подготовке к экзамену, рекомендации по лучшему усвоению и приведению в стройную систему изученного материала дисциплины;
- ответить на непонятные, слабо усвоенные вопросы;
- дать ответы на вопросы, возникшие в процессе изучения дисциплины и выходящие за рамки учебной программы, «раздвинуть границы»;
- помочь привести в стройную систему знания обучаемых.

Для этого необходимо:

- уточнить учебный материал заключительной лекции. На ней целесообразно указать наиболее сложные и трудноусвояемые места курса, обратив внимание на так называемые подводные камни, выявленные на предыдущих экзаменах.

- определить занятие, на котором заблаговременно довести организационные указания по подготовке к экзамену.

- Рекомендуется использовать при проведении консультаций опросно-ответную форму проведения. Целесообразно, чтобы обучаемые сами задавали вопросы. По характеру и формулировке вопросов преподаватель может судить об уровне и глубине подготовки обучаемых.

7.5.6.2 Уточняются организационные мероприятия и методические приемы при проведении промежуточной аттестации.

Количество одновременно находящихся экзаменующихся в аудитории. В аудитории, где принимается экзамен (зачет), может одновременно находиться студентов из расчета не более пятнадцати экзаменующихся на одного экзаменатора.

Время, отведена на подготовку ответа по билету, не должно превышать 45 минут. По истечению данного времени после получения билета (вопроса) студент должен быть готов к ответу.

Организация практической части экзамена.

Практическая часть экзамена организуется так, чтобы обеспечивалась возможность проверить умение студентов применять теоретические знания при решении практических заданий, освоение компетенций. Она проводится путем постановки экзаменующимся отдельных задач, упражнений, заданий, требующих практических действий по решению заданий. Каждый студент выполняет задание самостоятельно путем производства расчетов, решения задач, работы с документами и др. При выполнении заданий студент отвечает на дополнительные вопросы, которые может ставить экзаменатор.

Действия экзаменатора.

Студенту на экзамене разрешается брать один билет. В случае, когда экзаменующийся не может ответить на вопросы билета, ему может быть предоставлена возможность выбрать второй билет при условии снижения оценки на 1 балл.

Во время испытания промежуточной аттестации студенты могут пользоваться рабочими программами учебных дисциплин, а также справочниками и прочими источниками информации, перечень которых устанавливается преподавателем.

Использование материалов, не предусмотренных указанным перечнем, а также попытка общения с другими студентами или иными лицами, в том числе с применением электронных средств связи, несанкционированные преподавателем перемещение по аудитории и т.п. не разрешается и являются основанием для удаления студента из аудитории с последующим проставлением в ведомости оценки «неудовлетворительно».

Студент, получивший на экзамене неудовлетворительную оценку, ликвидирует задолженность в сроки, устанавливаемым приказом директора института. Окончательная пересдача экзамена принимается комиссией в составе трех человек (заведующий кафедрой, лектор потока, преподаватель родственной дисциплины).

Задача преподавателя на экзамене заключается в том, чтобы внимательно заслушать студента, проконтролировать решение практических заданий, предоставить ему возможность полностью изложить ответ. Заслушивая ответ и анализируя методы решений практических заданий, преподаватель постоянно оценивает, насколько полно, системно и осмысленно осуществляется ответ, решается практическое задание.

Считается бестактностью прерывать ответ студента, преждевременно давать оценку его ответам и действиям.

В тех случаях, когда ответы на вопросы или практические действия были недостаточно полными или допущены ошибки, преподаватель после ответов студентом на все вопросы задает дополнительные вопросы с целью уточнения уровня освоения дисциплины. Содержание индивидуальных вопросов не должно выходить за рамки рабочей программы. Если студент затрудняется сразу ответить на дополнительный вопрос, он должен спросить разрешения предоставить ему время на подготовку и после подготовки отвечает на него.

8 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение по дисциплине инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее ОВЗ) осуществляется преподавателем с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Для студентов с нарушениями опорно-двигательной функции и с ОВЗ по слуху предусматривается сопровождение лекций и практических занятий мультимедийными средствами, раздаточным материалом.

Для студентов с ОВЗ по зрению предусматривается применение технических средств усиления остаточного зрения, а также предусмотрена возможность разработки аудиоматериалов.

По данной дисциплине обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья может осуществляться как в аудитории, так и дистанционно с использованием возможностей электронной образовательной среды (образовательного портала) и электронной почты.