

Документ подписан электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025
Уникальный программный идентификатор:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра технологии и организации машиностроительного производства



УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора по учебной
работе
Д. В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Технологии цифрового производства
(наименование дисциплины)

15.04.03 Прикладная механика
(код, наименование направления)

Цифровые технологии в производственной сфере
(магистерская программа)

Квалификация магистр
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины является обучение студентов осознанному применению методов разработки технологических процессов изготовления деталей машин с использованием станков с числовым программным управлением и обрабатывающих центров в условиях мелкосерийного и среднесерийного производства.

Задачи изучения дисциплины:

– изучение технологии обработки деталей на станках с ЧПУ различных типов, особенностей разработки маршрутных технологических процессов для станков с ЧПУ, современных компоновок станков с ЧПУ и основных направлений их развития, технологических возможностей применяемых на станках с ЧПУ инструментальных блоков, требований к оформлению технологической документации для станков с ЧПУ;

– обучение выбору структуры операции для обработки детали на станке с ЧПУ, подбору оптимальной схемы снятия припуска на переходе, выбору оптимальной для заданных условий модели технологического оборудования, подбору необходимых для выполнения операции инструментальных блоков, разработке расчётно-технологических карт и карт эскизов на операции, выполняемые на станках с ЧПУ;

– формирование навыков технологического проектирования операций для токарных, фрезерных, сверлильных, сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ, приобретение опыта использования нормативной литературы (стандартов, справочников, каталогов) при выборе оборудования и технологической оснастки, наработка навыков работы со стандартами Единой системы технологической документации (ЕСТД).

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональных (ОПК-3) и профессиональных (ПК-7, ПК-17) компетенций выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины — курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», в обязательную часть блока 1 подготовки студентов по направлению 15.04.03 Прикладная механика (магистерская программа «Цифровые технологии в производственной сфере»).

Дисциплина реализуется кафедрой технологии и организации машиностроительного производства. Основывается на базе дисциплин: «Компьютерные технологии в науке и производстве», «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов», «Интегрированные инструментальные системы автоматизированного производства», «Проектирование оснастки для оборудования с числовым программным управлением (ПО для ОС ЧПУ)».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Робототехнические комплексы в производственной сфере», «Технологические основы сборки в цифровом производстве (ТОС в ЦП)», «Управление качеством в производственной сфере», «Сертификация продукции в производственной сфере», «Технологическая (производственная) практика», «Преддипломная (производственная) практика», выпускная квалификационная работа (магистерская работа).

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента для решения профессиональных задач деятельности, связанных с осуществлением проектно-конструкторской и организационно-управленческой деятельности.

Курс является фундаментом для ориентации студентов в сфере технологий цифрового машиностроительного производства.

Общая трудоёмкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (36 ак. ч.), практические (18 ак. ч.), лабораторные (18 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак. ч.).

Общая трудоёмкость освоения дисциплины для заочной формы обучения составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак. ч.), практические (2 ак. ч.), лабораторные (4 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (134 ак. ч.).

Дисциплина изучается на 1-м курсе во 2-м семестре. Форма промежуточной аттестации — экзамен.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Технологии цифрового производства» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 — Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен организовывать работу по совершенствованию, модернизации и унификации выпускаемых изделий и их элементов	ОПК-3	ОПК-3.1. Определение потребности в ресурсах и сроков выполнения технологических работ ОПК-3.2. Постановка и распределение задач исполнителям работ по инженерно-техническому проектированию, контроль выполнения заданий ОПК-3.3. Проверка соответствия проектной и рабочей документации требованиям нормативно-технических документов
Способен организовать работы по проектированию новых и модернизации действующих машиностроительных производств, производить выбор технологий, инструментальных средств оснащения при реализации процессов проектирования, производства, диагностирования и промышленных испытаний изделий машиностроения, осуществлять поиск оптимальных решений с учётом требований качества, надёжности и технико-экономических показателей	ПК-7	ПК-7.4. Знает технологические основы обработки на станках с ЧПУ различных типов: токарных, сверлильных, фрезерных, фрезерно-сверлильных; особенности проектирования операций механической обработки заготовок деталей машин на станках с ЧПУ; методы обеспечения точности размеров при обработке на станках с ЧПУ ПК-7.9. Умеет разрабатывать технологические маршруты и технологические операции, реализуемые на станках с ЧПУ; в зависимости от внешних условий выбирать наиболее эффективный метод обеспечения точности размеров при обработке партии деталей на станке с ЧПУ ПК-7.14. Владеет навыками размерной привязки инструмента в двух- и трёхкоординатных системах ЧПУ; навыками отладки управляющих программ для станков с ЧПУ
Способен разрабатывать технические задания на создание новых эффективных технологий изготовления изделий машиностроительного производства, на модернизацию и автоматизацию производственных и технологических процессов, средств и систем на основе анализа при заданных критериях, целевых функциях и ограничениях	ПК-17	ПК-17.3. Знает технологические возможности современного металлообрабатывающего оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), основные показатели эффективности применения станков с ЧПУ для автоматизации технологических процессов в условиях современного машиностроительного производства; тенденции развития основных групп металлорежущих станков с ЧПУ: токарных, сверлильно-фрезерных, шлифовальных. ПК-17.4. Знает требования, предъявляемые к деталям, изготовление которых планируется на оборудовании с ЧПУ (по технологичности, серийности выпуска, конструкторско-технологической проработке чертежей) ПК-17.8. Умеет выбирать оборудование с ЧПУ и

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
		<p>соответствующее технологическое оснащение, необходимые для реализации технологических процессов механической обработки заготовок деталей машин</p> <p>ПК-17.9. Умеет анализировать технические требования и технологичность конструкции деталей с точки зрения обеспечения эффективности их обработки на станках с ЧПУ, разрабатывать конструкторско-технологические мероприятия для обеспечения целесообразности обработки партий деталей на станках с ЧПУ</p> <p>ПК-17.13. Владеет навыками поиска информации и работы с технической документацией, необходимой для проектирования технологических процессов, реализуемых на станках с ЧПУ (паспорта оборудования, каталоги технологического оснащения, нормативно-справочные материалы по режимам обработки и нормированию трудоёмкости)</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единиц, 144 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, лабораторным работам, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 — Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего академических часов	Академические часы по семестрам
		2-й семестр
Аудиторная работа, в том числе:	72	72
Лекции (Л)	36	36
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект	—	—
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	72
Подготовка к лекциям	9	9
Подготовка к лабораторным работам	18	18
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	18
Выполнение курсовой работы / проекта	—	—
Расчётно-графическая работа (РГР)	—	—
Реферат	—	—
Домашнее задание	—	—
Подготовка к контрольной работе	—	—
Подготовка к коллоквиуму	6	6
Аналитический информационный поиск	—	—
Работа в библиотеке	—	—
Подготовка к экзамену	21	21
Промежуточная аттестация — экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоёмкость дисциплины		
	ак.ч.	144
	з.е.	4
		144
		4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3, дисциплина разбита на 3 темы:

- тема 1. Производство как объект цифровизации;
- тема 2. Трёхмерное сканирование в цифровом производстве;
- тема 3. Программирование процесса изготовления изделий машиностроения на станках с ЧПУ.

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы обучения приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 — Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоёмкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудоёмкость в ак.ч.
1	Производство как объект цифровизации	<p>Цели и задачи дисциплины</p> <p>История цифровизации производства. Развитие кибернетики. Фундаментальные разработки отечественных учёных в области кибернетики. Создание и развитие Общегосударственной автоматизированной системы учёта и обработки информации (ОГАС). Четвёртая промышленная революция и её последствия. Актуальность цифрового производства для национальной безопасности и независимости страны. Цели и задачи национального проекта «Цифровая экономика»</p> <p>Цифровые двойники изделий и технологических процессов. Классификация и типы цифровых двойников. Задачи и основные функции цифрового двойника. Области применения цифровых двойников. Способы и этапы создания цифрового двойника. Преимущества и недостатки использования цифровых двойников</p> <p>Интегрированные автоматизированные системы. Единое информационное пространство. Стандарты единого информационного пространства. Состав и виды структур интегрированных автоматизированных систем. Уровни управления интегрированными автоматизированными системами. Технология информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий. Принципы системного подхода к построению интегрированных автоматизированных систем. Взаимосвязь информационных технологий интегрированных автоматизированных систем. Экономическая эффективность цифрового производства.</p>	8	1 Получение трёхмерной модели изделия при помощи 3D-сканера 1.1 Настройка пассивного бесконтактного (оптического) 3D-сканера	2	1 Программирование контурного точения	4
				1.2 Калибровка пассивного бесконтактного (оптического) 3D-сканера	2	2 Программирование токарной обработки с использованием стандартных циклов	2

№ П/П	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо- ёмкость в ак.ч.
2	Трёхмерное сканирование в цифровом производстве	<p>Основные технологии трёхмерного моделирования и виды моделей: каркасная, поверхностная, твердотельная, полигон и полигональная сетка. Виды и методы трёхмерного моделирования. Скульптурное моделирование, этапы создания скульптурной модели. Текстуры и рендеринг. NURBS-моделирование. Полигональное моделирование.</p> <p>Принципы и технологии трёхмерного сканирования, применяемые технические средства. Контактные трёхмерные сканеры, их разновидности. Активные бесконтактные трёхмерные сканеры. Линейное сканирование. Метод триангуляции. Принципиальная схема лазерного трёхмерного сканирования. Области применения лазерного сканирования. Пассивные бесконтактные сканеры. Принцип фотограмметрии. Сканирование на основе инфракрасного излучения. Интерференционное проецирование в трёхмерном сканировании.</p> <p>Решение задач цифрового производства на основе результатов трёхмерного сканирования. Система Geomagic Control, её функции. Состав программного пакета Geomagic Control и назначение его модулей. Применение программного пакета Geomagic Control для контроля геометрии изделий. Этапы процесса контроля в системе Geomagic Control. Построение CAD-моделей изделий произвольной формы на основе результатов трёхмерного сканирования. Комплексный реверс-инжиниринг изделий. CAD-проектирование в системе Geomagic Control с использованием данных трёхмерного сканирования.</p>	10	1.3 Сканирование трёхмерного объекта с помощью пассивного бесконтактного (оптического) 3D-сканера	2	3 Программирование контурного фрезерования	4
				1.4 Настройка и калибровка активного бесконтактного (лазерного) 3D-сканера	2	4 Программирование фрезерной обработки с помощью стандартных циклов	2

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо- ёмкость в ак.ч.
3	Программирование процесса изготовления изделий машиностроения на станках с ЧПУ	<p>Программирование токарных станков с ЧПУ. Системы координат токарного станка с ЧПУ, инструмента, детали. Нуль программы, выбор положения нуля программы. Выбор инструментов для токарной обработки.</p> <p>Основные и дополнительные элементы контура детали. Типовые схемы переходов обработки главных поверхностей: «петля», «виток», «спуск». Зоны обработки: открытые, полуоткрытые, закрытые и комбинированные. Схемы обработки полуоткрытых зон: черновая с подборкой, черновая с зачистным проходом, эквидистантная и контурная. Сравнительная характеристика схем зачистных переходов. Разделение припуска на зоны при черновой обработке: формирование зоны черновой обработки и разделение припуска на уровни для ступенчатых валов. Последовательность удаления припуска при черновой обработке: по циклам вертикалей, по циклам горизонталей чернового контура, по циклам уровней.</p> <p>Типовые схемы переходов токарной обработки дополнительных поверхностей: канавок под ремни клиноременной передачи, канавок для выхода инструмента; канавок под стопорные кольца, широких канавок. Схемы нарезания резьб на токарных станках с ЧПУ.</p> <p>Обобщённая последовательность токарной обработки заготовки при закреплении в центрах и при закреплении в патроне.</p> <p>Программирование фрезерных станков с ЧПУ. Система координат детали, выбор точки начала координат детали. Зоны обработки при фрезеровании: открытые, полуоткрытые, закрытые и комбинированные. Обрабатываемые области.</p>	18	1.5 Сканирование трёхмерного объекта с помощью активного бесконтактного (лазерного) 3D-сканера	2	5 Программирование операции сверления отверстия	2
				1.6 Построение САД-модели изделия на основе результатов трёхмерного сканирования	4		

№ П/П	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо- ёмкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо- ёмкость в ак.ч.
		<p>Типовые траектории фрезы: зигзаг и его разновидности, спираль, схема Ш-образного типа. Способы врезания инструмента. Определение расстояния между соседними переходами фрезы. Определение длины рабочих ходов при различных траекториях фрезы. Выбор параметров фрезы: тип, диаметр, длина режущей части. Выбор подачи для контурного фрезерования на станке с ЧПУ. Объёмное фрезерование. Особенности пятикоординатной обработки. Программирование обработки отверстий на станках с ЧПУ. Технологическая классификация отверстий. Основные и дополнительные элементы отверстий.</p> <p>Типовые переходы обработки отверстий: центрование, черновая обработка, обработка торца, коническое зенкование, прямое и коническое зенкование, резобонарезание, полуступовая обработка отверстий, обработка канавок, чистовая обработка</p> <p>Формирование структуры операций при обработке отверстий: принцип постоянства обрабатываемых отверстий, инструмента в пределах стороны детали, инструмента в границах детали, группы отверстий в границах детали. Общее машинно-вспомогательное время при параллельной и последовательной обработке отверстий. Принципы выбора последовательности обработки отверстий.</p> <p>Этапы проектирования операции обработки отверстий: Повышение производительности обработки отверстий.</p> <p>Особенности разработки траектории движения инструмента при обработке отверстий. Выбор системы координат. Определение наладочного размера.</p>		2 Автоматизация управления проектом цифрового производства в системе MathLab	4	6 Программирование лазерной резки листовых материалов	4
Всего аудиторных часов:			36		18		18

Таблица 4 — Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудо-ёмкость в ак.ч.	Темы лабораторных работ	Трудо-ёмкость в ак.ч.
1	Производство как объект цифровизации	Цели и задачи дисциплины История цифровизации производства. Развитие кибернетики. Фундаментальные разработки отечественных учёных в области кибернетики. Создание и развитие Общегосударственной автоматизированной системы учёта и обработки информации (ОГАС). Четвёртая промышленная революция и её последствия. Актуальность цифрового производства для национальной безопасности и независимости страны. Цели и задачи национального проекта «Цифровая экономика» Цифровые двойники изделий и технологических процессов. Классификация и типы цифровых двойников. Задачи и основные функции цифрового двойника. Области применения цифровых двойников. Способы и этапы создания цифрового двойника. Преимущества и недостатки использования цифровых двойников	4	1.4 Настройка и калибровка активного бесконтактного (лазерного) 3D-сканера	2	6 Программирование лазерной резки листовых материалов	4
Всего аудиторных часов:			4		2		4

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень работ по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Перечень работ по дисциплине и способы оценивания знаний

Вид учебной работы	Способ оценивания	Количество баллов
Выполнение работ на практических занятиях	Предоставление отчётов по практическим работам	18–30
Выполнение лабораторных работ	Защита отчётов по лабораторным работам	24–40
Сдача коллоквиумов 1 и 2	Устный опрос	18–30
ИТОГО:		60–100

Экзамен по дисциплине проставляется автоматически, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального количества баллов. В случае если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, студент имеет право повысить итоговую оценку на экзамене. Экзамен по дисциплине проводится в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п. 6.5).

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 — Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале экзамен
0—59	неудовлетворительно
60—73	удовлетворительно
74—89	хорошо
90—100	отлично

6.2 Практические занятия

Практические занятия по дисциплине предусматривают выполнение двух практических работ.

Практическая работа 1 Получение трёхмерной модели изделия при помощи 3D-сканера.

Цель работы: практическое изучение принципа действия объёмных сканеров, процесса трёхмерного сканирования объекта и построения CAD-модели на основе результатов трёхмерного сканирования.

Содержание отчёта: название и цель работы, фото сканируемого объекта, скриншоты отсканированной 3D модели, CAD-модель, полученную на основе результатов сканирования, выводы по работе.

Примерные вопросы для защиты отчёта по практической работе:

- 1) Что представляет собой 3D сканер?
- 2) Поясните принцип работы оптического 3D сканера.
- 3) Поясните принцип работы лазерного 3D сканера.
- 4) Из каких узлов состоит 3D сканер?
- 5) Перечислите основные этапы работы с 3D сканером.
- 6) Почему необходим предварительный нагрев камер 3D сканера?
- 7) Что такое калибровочные поля? Почему они необходимы?
- 8) В чём заключается настройка диафрагм? Почему необходима настройка диафрагм?
- 9) Какие виды калибровки 3D сканера существуют?
- 10) В каких случаях необходима калибровка 3D сканера?
- 11) Какие требования предъявляются к сканируемому объекту?
- 12) Опишите последовательность процесса калибровки 3D сканера.
- 13) Опишите процесс трёхмерного сканирования.
- 14) Опишите процесс совмещения изображений.
- 15) Что такое финальное совмещение?

Практическая работа 2 Автоматизация управления проектом цифрового производства в системе *Math lab*.

Цель работы: изучить процесс постановки на производство новых изделий с помощью «кривых освоения» технологий на примере организации серийного производства авиационных двигателей.

Содержание отчёта: название работы и цель, скриншоты рабочего окна программы и результаты моделирования.

Примерные вопросы для защиты отчёта по практической работе:

- 1) Что называется системой?
- 2) Какие функции выполняет автоматизированная система технологической подготовки производства?
- 3) Какую информацию даёт график изменения стоимости проекта и хода его расписания?
- 4) Что характеризуют S-образные закономерности инновационного развития технологических систем?

5) С какой целью выполняют анализ изменения объёмов производства и производственной мощности?

6) Какие программные пакеты можно использовать для анализа изменения объёмов производства и производственной мощности?

7) Какие закономерности анализируют в АСТПП для освоения новых технологий (технологических инноваций) и постановки инновационной продукции на производство?

6.3 Лабораторные работы

При изучении дисциплины предусмотрено выполнение шести лабораторных работ.

Лабораторная работа 1 Программирование контурного точения.

Цель работы: изучение типовых циклов контурного точения и применение их на практике.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) эскиз детали; 3) выбор заготовки; 4) нумерация обрабатываемых поверхностей и анализ требований, предъявляемых к ним; 5) выбор структуры технологических переходов; 6) выбор инструмента с указанием его параметров; 7) подготовленная управляющая программа.

Примерные вопросы для защиты лабораторной работы:

1) С какой точки, как правило, начинается программирование контура для внешнего точения?

2) Можно ли выполнить фаску при отрезке детали?

3) Каким образом учитываются допуски при программировании обработки?

4) Приведите синтаксис записи размера для автоматического расчёта середины поля допуска.

5) Чем отличается дегрессивная подача от линейной при нарезании резьбы резцом?

6) С какой целью в маске контурного точения повторно описывается заготовка?

7) Изобразите точку привязки резца для нарезания резьбы.

Лабораторная работа 2 Программирование токарной обработки с помощью стандартных циклов.

Цель работы: изучение стандартных циклов токарной обработки и применение их на практике.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) эскиз детали; 3) выбор заготовки; 4) нумерация обрабатываемых поверхностей и анализ требований, предъявляемых к ним; 5) выбор структуры технологических переходов; 6) выбор инструмента с указанием его параметров; 7) подготовленная управляющая программа.

Примерные вопросы для защиты отчёта по лабораторной работе:

- 1) Как назначают плоскости отвода инструмента?
- 2) Какую систему координат рекомендуется использовать при назначении точки смены инструмента?
- 3) С какой целью при привязке нулевой точки детали часто вводят 1 мм? От чего это зависит?
- 4) Как приближённо определить величину припуска на чистовое точение?
- 5) В чём заключается принципиальное отличие чистовой обработки от черновой?
- 6) Какие исходные данные требуются для назначения режимов резания?
- 7) С какой целью назначаются параметры $X1$ и SR при программировании отрезки детали?

Лабораторная работа 3 Программирование контурного фрезерования.

Цель работы: изучение типовых циклов контурного фрезерования и применение их на практике.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) эскиз детали; 3) выбор заготовки; 4) нумерация обрабатываемых поверхностей и анализ требований, предъявляемых к ним; 5) выбор структуры технологических переходов; 6) выбор инструмента с указанием его параметров; 7) подготовленная управляющая программа.

Примерные вопросы для защиты отчёта по лабораторной работе:

- 1) В каких случаях целесообразен импорт контура при фрезеровании?
- 2) Какие требования предъявляются к импортируемому контуру?
- 3) Возможно ли передача трёхмерной модели детали в систему ЧПУ?
- 4) Опишите последовательность подготовки сложного контура к программированию.
- 5) С какой целью создаётся первый контур при описании детали?

Лабораторная работа 4 Программирование фрезерной обработки с помощью стандартных циклов.

Цель работы: изучение стандартных циклов фрезерной обработки и применение их на практике.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) эскиз детали; 3) выбор заготовки; 4) нумерация обрабатываемых поверхностей и анализ требований, предъявляемых к ним; 5) выбор структуры технологических переходов; 6) выбор инструмента с указанием его параметров; 7) подготовленная управляющая программа.

Примерные вопросы для защиты отчёта по лабораторной работе:

- 1) Чем отличается карман от цапфы с точки зрения программирования

обработки?

2) Какими способами можно обработать шпоночный паз на фрезерном станке с ЧПУ?

3) Из каких соображений выбирается направление подачи при фрезеровании (попутное или встречное фрезерование)?

4) Перечислите мероприятия, позволяющие снизить износ режущих кромок концевых фрез.

5) Как следует программировать фрезерование шпоночного паза в системе ЧПУ?

Лабораторная работа 5 Программирование операций сверления.

Цель работы: изучение типовых циклов сверления и применение их на практике.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) эскиз детали; 3) выбор заготовки; 4) нумерация обрабатываемых поверхностей и анализ требований, предъявляемых к ним; 5) выбор структуры технологических переходов; 6) выбор инструмента с указанием его параметров; 7) подготовленная управляющая программа.

Примерные вопросы для защиты отчёта по лабораторной работе:

1) Как можно ограничить скорость вращения шпинделя станка?

2) С какой целью в заголовке программы задаётся безопасное расстояние SC?

3) По каким осям измеряется осевой инструмент, устанавливаемый в инструментальный блок?

4) Как задаётся вращение сверла?

5) Поясните геометрический смысл величин «Длина X» и «Длина Z» в таблице «Список инструмента» системы ЧПУ.

6) Как выбирается точка смены инструмента?

Лабораторная работа 6 Программирование лазерной резки листовых материалов.

Цель работы: получить навыки работы с программами по подготовке макетов для лазерной резки и навыки работы со станками для лазерной резки материалов.

Содержание отчёта: 1) название и цель работы; 2) схему оптической системы; 3) фотографии раскроя, раскладки моделей и настроек программы; 4) выводы по работе.

Примерные вопросы для защиты отчёта по лабораторной работе:

1) Из каких узлов состоит станок для лазерной резки?

2) Опишите конструкцию оптической системы лазерного станка.

3) В каких программах выполняется разработка моделей для лазерной резки?

- 4) В каком формате должны сохраняться макеты для лазерной резки?
- 5) Как называется функция преобразования растрового изображения в векторное изображение?
- 6) В какой программе производится настройка подготовленного макета непосредственно к лазерной резке?
- 7) Какие виды режимов гравировки вы знаете? В чём отличия этих режимов?

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Производство как объект цифровизации

- 1) Что изучает кибернетика?
- 2) Кем был введен в научный оборот термин «кибернетика» в современной его трактовке?
- 3) Кому принадлежит авторство термина «автоматизированная система управления»?
- 4) Расшифруйте аббревиатуры: АСУТП, АСУП, АСУПр, ОАСУ.
- 5) Поясните термины «Digital Fabric», «e-Manufacturing», «Industries 4.0».
- 6) В каком году появилось техническое описание Grid-технологии?
- 7) В каком документе описан первый концептуальный проект цифровой экономики страны?
- 8) В каком году и в какой стране был разработан предэскизный проект прообраза сети Интернет? Как называлась эта система?
- 9) Назовите основные этапы создания ОГАС в СССР.
- 10) В чём заключаются ключевые особенности промышленных революций человечества?
- 11) Что понимается под Индустрией 4.0 в первоначальной и современной трактовке?
- 12) Перечислите ключевые текущие препятствия в реализации концепции Индустрии 4.0.
- 13) В чем заключаются прогнозируемые последствия четвертой промышленной революции для мировой экономики?
- 14) В чём заключаются прогнозируемые последствия четвертой промышленной революции для физического мира?
- 15) В чём заключаются прогнозируемые последствия четвертой промышленной революции для человека как индивидуума?
- 16) В чём заключаются прогнозируемые последствия четвертой промышленной революции для социальных слоёв общества?
- 17) В чём заключаются прогнозируемые последствия четвертой промышленной революции для профессиональной деятельности человека?

- 18) В чём заключаются прогнозируемые последствия четвёртой промышленной революции для политической системы?
- 19) Каковы цели национальной программы «Цифровая экономика» РФ?
- 20) Каковы задачи национальной программы «Цифровая экономика» РФ?
- 21) Какие федеральные проекты реализуются в рамках программы «Цифровая экономика» РФ?
- 22) Раскройте связь между национальной безопасностью и цифровым производством.
- 23) Что такое цифровой двойник?
- 24) Опишите основные этапы создания цифрового двойника.
- 25) Перечислите преимущества и недостатки применения цифровых двойников?
- 26) По каким направлениям в сторону цифрового производства должна развиваться современная промышленность?
- 27) В чём заключается основная особенность разработки локальной, комплексной и интегрированной автоматизированной системы?
- 28) Что входит в состав автоматизированной системы?
- 29) Какие обеспечивающие подсистемы входят в автоматизированную систему?
- 30) В чём заключается отличие уровней управления производством от уровней управления информационной автоматизированной системой?
- 31) Что такое объектная модель в составе единого информационного пространства интегрированной автоматизированной системы?
- 32) Перечислите основные задачи технологии информационной поддержки жизненного цикла изделий.
- 33) Что такое виртуальное предприятие согласно подходу создания цифрового производства по CALS-технологии?
- 34) Какой принцип системного подхода обеспечивает возможность создания автоматизированных систем?
- 35) Какой принцип системного подхода обеспечивает совместимость отдельных модулей автоматизированных систем?
- 36) Какой принцип системного подхода обеспечивает автоматизированным системам возможность многоуровневого управления?
- 37) Какой принцип системного подхода обеспечивает автоматизированным системам возможность управления в реальном масштабе времени?
- 38) Какой принцип системного подхода обязывает при проектировании автоматизированной системы сразу проектировать связи с другими автоматизированными системами?

39) Какой принцип системного подхода определяет математическое обеспечение автоматизированной системы в качестве основного?

40) Какой принцип системного подхода определяет в автоматизированных системах главенствующую роль человека над искусственным интеллектом?

41) Развитие каких программных средств построения моделей, подготовки чертежей и программирования станков с ЧПУ обеспечит включение САПР в интегрированные автоматизированные системы в рамках концепции цифрового производства?

42) Какие компьютерные технологии и классы автоматизированных систем обеспечивают единое информационное пространство цифрового производства?

43) Какова прогнозная оценка сокращения времени появления новых продуктов и изделий на рынке вследствие перехода предприятий к цифровому производству?

Тема 2 Трёхмерное сканирование в цифровом производстве изделий.

1) В чём заключаются особенности каркасной модели трёхмерного объекта?

2) В чём заключаются особенности поверхностной модели трёхмерного объекта?

3) В чём заключаются особенности твердотельной модели трёхмерного объекта?

4) Охарактеризуйте области применения каркасных, поверхностных и твердотельных моделей.

5) Что такое полигональная сетка? В каких случаях полигональная сетка используется для представления модели объекта?

6) Какие виды полигонов используются для представления полигональной сетки?

7) Что такое 3D-скульптинг? В каких случаях используют 3D-скульптинг?

8) Что такое ретопология?

9) Дайте определение понятия «рендеринг».

10) В чём заключается процедура маппинга?

11) Какие методы создания трёхмерных объектов существуют?

12) Что такое NURBS-моделирование трёхмерных объектов?

13) Раскройте содержание аббревиатуры NURBS.

14) В каких областях в настоящее время наиболее широко применяется NURBS-моделирование?

15) В чём заключается метод полигонального моделирования трёхмерных объектов?

- 16) В чём заключается метод скульптурного моделирования трёхмерных объектов?
- 17) Какое программное обеспечение необходимо для формирования готовой модели для печати на 3D-принтере?
- 18) Какую функцию выполняет слайсер?
- 19) Какими способами может быть создана трёхмерная модель для 3D-печати?
- 20) Опишите обобщённый процесс, используемый 3D-сканером при формировании трёхмерной модели.
- 21) Что понимается под экстраполяцией формы объекта?
- 22) Какие технологии 3D сканирования существуют?
- 23) Перечислите основные признаки контактной технологии сканирования.
- 24) Перечислите основные признаки бесконтактной технологии сканирования.
- 25) Достаточно ли однократного сканирования для получения точной модели объекта?
- 26) Как реализован механизм передвижения регистрирующего органа в контактных 3D-сканнерах?
- 27) Приведите типовые примеры контактных 3D-сканнеров.
- 28) В чём заключаются преимущества и недостатки контактных 3D-сканнеров?
- 29) На чём основано функционирование активных бесконтактных сканнеров? Какие виды излучения чаще всего в них используются?
- 30) Что используется для изменения направления обзора дальномера?
- 31) В чём преимущество и недостатки лазерных дальномеров и лазерных триангуляционных дальномеров?
- 32) На чём основано функционирование пассивных бесконтактных 3D-сканнеров?
- 33) Как работает стереоскопический пассивный сканер?
- 34) Как работает фотометрический пассивный сканер?
- 35) Какие функции способна выполнять система Geomagic Control?
- 36) Что входит в состав программного пакета Geomagic Control?
- 37) Для чего предназначен модуль визуальной оценки модели системы Geomagic Control?
- 38) Для чего предназначен модуль работы с поверхностями системы Geomagic Control?
- 39) Для чего предназначен модуль получения объёмных снимков объектов системы Geomagic Control?

40) Для чего предназначен модуль выравнивания системы Geomagic Control?

41) Для чего предназначен модуль работы с примитивами системы Geomagic Control?

42) Для чего предназначен модуль анализа системы Geomagic Control?

43) Для чего предназначен модуль формирования отчётов системы Geomagic Control?

44) Для чего предназначен модуль автоматизации системы Geomagic Control?

45) Какие функции способна выполнять система Geomagic Wrap?

46) Какие модули входят в систему Geomagic Wrap?

47) Какие два основных способа получения трёхмерных моделей используются в системе Geomagic Wrap?

48) Какие типы инструментов имеются в модуле работы с полигональной сеткой системы Geomagic Wrap?

49) Какие подходы к анализу результатов построения твердотельной модели используются в системе Geomagic Wrap?

50) Перечислите основные особенности системы Geomagic Design X.

51) Из каких этапов состоит процесс работы с системой Geomagic Design X?

52) Какие задачи решают модули системы Geomagic Design X?

53) Для чего предназначена система Geomagic Design X?

Тема 3 Программирование процесса изготовления изделий машиностроения на станках с ЧПУ.

1) Какие поверхности относят к основным элементам контура детали при обработке на токарных станках с ЧПУ?

2) Какие геометрические элементы контура детали выделяют при обработке на токарных станках с ЧПУ с технологической точки зрения?

3) Какие зоны обработки выделяют при обработке на токарных станках с ЧПУ?

4) Какие ограничения накладывает открытая зона на геометрию резца в плане при обработке?

5) Какие ограничения накладывают полуоткрытые зоны на геометрию резца в плане при обработке?

6) Какие ограничения накладывают закрытые зоны на геометрию резца в плане?

7) Что представляет собой область черновой обработки основных поверхностей?

8) Что представляет собой область обработки дополнительных поверхностей?

- 9) Что представляет собой область чистовой обработки основных поверхностей детали?
- 10) Предложите схему врезания резца при нарезании резьбы с шагом 0,8 мм.
- 11) Предложите схему врезания резца при нарезании резьбы с шагом 2,5 мм.
- 12) Как называется типовая схема черновой токарной обработки основных поверхностей, характеризующаяся тем, что по окончании рабочего хода резец отводится на небольшое расстояние от обработанной поверхности и возвращается во время вспомогательного хода назад?
- 13) Какая схема снятия припуска при черновой токарной обработке чаще всего применяется при обработке открытых и полуоткрытых зон?
- 14) Как называется схема снятия черного припуска, предусматривающая работу на прямой и обратной подаче?
- 15) Как называется схема снятия черного припуска при токарной обработке, характеризующаяся тем, что припуск снимается при радиальном перемещении резца?
- 16) Какая схема снятия черного припуска при токарной обработке чаще всего используется для закрытых зон?
- 17) Как называется схема снятия черного припуска при токарной обработке, отличающаяся тем, что после прямолинейного рабочего хода инструмент движется вдоль черного контура детали вплоть до уровня предыдущего перехода?
- 18) Какое качество обработанной поверхности обеспечивает снятие припуска по схеме "черновая с подборкой"?
- 19) Как называется схема снятия черного припуска при токарной обработке, характеризующаяся тем, что после выполнения последнего (предпоследнего) черного хода инструменту задают движение вдоль контура детали?
- 20) Как называется схема снятия черного припуска при токарной обработке, формируемая путём повторения рабочих ходов инструмента вдоль контура обрабатываемой детали, причём каждый рабочий ход совместно с вспомогательным, образует траекторию в виде замкнутого цикла, начальная точка которого смещается вдоль прямой, приближаясь к центру заготовки?
- 21) Приведите последовательность переходов при обработке деталей в центрах на токарном станке с ЧПУ.
- 22) Приведите последовательность переходов при обработке деталей в патроне на токарном станке с ЧПУ.
- 23) В каких случаях выполняется переход центrovания при обработке отверстия (деталь закреплена в патроне)?

24) Как уменьшить глубину сверления при обработке ступенчатых отверстий (сверление ведут в два перехода)?

25) В каких случаях все дополнительные поверхности детали, закреплённой в патроне, обрабатывают после выполнения чистовых проходов?

26) Как при фрезеровании на станках с ЧПУ называются области, не налагающие ограничений на перемещение инструмента вдоль его оси или в плоскости, перпендикулярной этой оси?

27) Как при фрезерной обработке на станках с ЧПУ называются области, в которых перемещения инструмента ограничены как вдоль оси, так и в плоскости, ей перпендикулярной?

28) Как при фрезерной обработке на станках с ЧПУ называются области, в которых перемещение инструмента ограничено по всем направлениям?

29) Какие виды обрабатываемых областей различают при фрезерной обработке на станках с ЧПУ?

30) Как называется обрабатываемая область, состоящая из открытых зон, получаемых при обработке боковой поверхностью фрезы наружных контуров детали и контуров окон, а также при обработке торцом фрезы узких рёбер?

31) Какие обрабатываемые области при фрезерной обработке относятся к двумерным областям?

32) Какие обрабатываемые области при фрезерной обработке относятся к одномерным областям?

33) Что принимается в качестве типового базового элемента при разработке операций фрезерования на станках с ЧПУ?

34) Предложите вид фрезерной обработки для одномерной обрабатываемой области.

35) Предложите виды фрезерной обработки для двумерной обрабатываемой области.

36) Какой вид фрезерования позволяет снизить деформации фрезы и детали?

37) Какой вид фрезерования обеспечивает получение поверхности с меньшей шероховатостью?

38) В чём заключаются недостатки зигзагообразного метода фрезерования?

39) Предложите оптимальную схему фрезерования для обработки углубления с тонким дном в детали из алюминиевого сплава.

40) В чём заключается главный недостаток применения схем фрезерования Ш-образного типа?

41) Какой из способов врезания концевой фрезы обеспечивает наиболее плавное изменение сил резания?

42) Как повысить эффективность врезания концевой фрезы с подачей вдоль оси инструмента?

43) Приведите формулу для расчёта суммарной длины ходов фрезы при обработке контура по зигзагообразной схеме без обхода границ контура.

44) Приведите формул для расчёта суммарной длины рабочих ходов фрезы при обработке контура по зигзагообразной схеме с проходом вдоль границ контура.

45) Приведите формулу для расчёта суммарной длины рабочих ходов фрезы при обработке контура по спиралевидной схеме.

46) Какими режущими инструментами может осуществляться центрование отверстий при обработке на сверлильных станках с ЧПУ?

47) Какими способами может быть выполнена черновая обработка отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

48) Какими способами может быть выполнена обработка торца, прилегающего к отверстию, на сверлильных станках с ЧПУ?

49) Какими способами может быть выполнено прямое зенкование при обработке отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

50) Какими способами может быть выполнена обработка фасок отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

51) Какими способами может быть выполнена полуступенчатая обработка отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

52) Как обработать радиальную канавку в отверстии на сверлильном станке с ЧПУ?

54) Какими способами может быть выполнена чистовая обработка отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

55) В чём заключается принцип постоянства обрабатываемых отверстий при формировании структуры операции обработки отверстий?

56) В чём заключается принцип постоянства инструмента в пределах стороны детали при формировании структуры операции обработки отверстий?

57) В чём заключается принцип постоянства инструмента в границах детали при формировании структуры операции обработки отверстий?

58) В чём заключается принцип постоянства группы отверстий в пределах детали при формировании структуры операции обработки отверстий?

59) К какому методу относятся схемы операций обработки отверстий, при которых инструмент обходит все отверстия, подлежащие обработке этим инструментом, а затем инструмент меняют?

60) К какому методу относятся схемы операций обработки отверстий, при которых каждое отверстие обрабатывают всеми необходимыми инстру-

ментами, затем, после позиционирования заготовки, переходят к обработке следующего отверстия?

61) В каких случаях при обработке группы отверстий целесообразно на черновых переходах применять параллельный метод обработки, а на чистовых переходах — последовательный?

62) Чему равно время на холостые перемещения при параллельном методе обработки группы отверстий, если время обхода всех отверстий одним инструментом составляет 0,9 мин, время смены инструмента равно 0,1 мин, количество инструментов, необходимых для полной обработки отверстия — 4, а количество отверстий — 10?

63) Чему равно время на холостые перемещения при последовательном методе обработки группы отверстий, если время обхода всех обрабатываемых отверстий одним инструментом 1 мин, время смены инструмента 0,1 мин, количество инструментов, необходимых для полной обработки одного отверстия — 4, а количество обрабатываемых отверстий — 10?

64) В каких случаях при обработке отверстия на сверлильном станке с ЧПУ необходим переход центrovания?

65) Какие отверстия допускается не центrovать?

66) Какую экономическую точность и качество поверхности обеспечивает переход сверления?

67) Какие отверстия рекомендуется сверлить в два перехода (сверление и рассверливание)?

68) В какой последовательности рекомендуется сверлить глубокие отверстия?

69) Какова должна быть максимальная длина хода сверла до вывода из отверстия с целью удаления стружки?

70) Выберите переходы механической обработки для получения отверстия $\varnothing 30H14$ на сверлильном станке с ЧПУ.

71) В каких случаях при обработке отверстий применяется зенкерование?

72) Какую экономическую точность и качество поверхности обеспечивает развёртывание при обработке на сверлильных станках с ЧПУ?

73) Предложите наиболее целесообразный способ нарезания внутренней резьбы с шагом 0,8 мм на сверлильном станке с ЧПУ.

74) В чём заключается преимущество применения расточного инструмента для обработки отверстий на сверлильных станках с ЧПУ?

75) Какое условие должно соблюдаться при обработке ступенчатых отверстий многолезцовыми оправками на сверлильных и расточных станках с ЧПУ?

76) Какая система координат принята для станков ЧПУ всех типов?

- 77) Как определить положительные направления перемещения подвижных узлов станков с ЧПУ?
- 78) Как определить положительные направления вращения вращающихся узлов станков с ЧПУ?
- 79) Как определяется положение базовой точки шпиндельного узла станка с ЧПУ?
- 80) Как определяется положение базовой точки суппорта токарного станка с ЧПУ?
- 81) Как определяется положение базовой точки крестового стола станка с ЧПУ?
- 82) Как определяется положение базовой точки поворотного стола станка с ЧПУ?
- 83) Что называется рабочей зоной станка с ЧПУ?
- 84) Для чего предназначена система координат инструмента?
- 85) Как обеспечивается положение настроечной точки инструмента относительно начала системы координат инструмента?
- 86) Что служит расчётной точкой при вычислении криволинейной траектории движения инструмента при обработке на станке с ЧПУ?
- 87) Что представляет собой система координат детали?
- 88) Что такое «нуль программы» при программировании обработки на станке с ЧПУ?
- 89) Сформулируйте критерии выбора положения нуля программы.
- 90) Какими методами может вестись размерная настройка станка с ЧПУ?
- 91) Приведите размерную цепь настройки режущего инструмента при токарной обработке с использованием метода полной (неполной) взаимозаменяемости.
- 92) С помощью какого метода можно сократить длину размерной цепи настройки режущего инструмента?
- 93) В чём заключаются недостатки размерной настройки инструмента вне станка?
- 94) Приведите последовательность действий при размерной настройке режущего инструмента методами пригонки и регулирования.
- 95) В чём заключается недостаток применения методов пригонки и регулирования при размерной настройке режущего инструмента на станках с ЧПУ в ручном режиме?
- 96) Что требуется для реализации методов пригонки и регулирования при размерной настройке режущего инструмента на станках с ЧПУ в автоматическом цикле?

97) Приведите последовательность действий при измерении диаметра детали на токарном станке с ЧПУ с помощью измерительной головки.

98) Приведите последовательность действий при измерении износа и вылета резца на токарном станке с ЧПУ с помощью стационарно установленной измерительной головки.

99) Как определить размерный износ резца с помощью подвижной измерительной головки?

100) Как определить момент времени, в который следует проводить измерение износа резца?

101) Что представляет собой пороговый датчик?

102) В какой последовательности выполняется размерная настройка режущего инструмента на станках с ЧПУ с помощью пороговых датчиков?

103) В чём преимущества размерной настройки режущего инструмента на станках с ЧПУ с использованием пороговых датчиков?

6.5 Вопросы для подготовки к экзамену

Для оценки знаний, приобретённых студентом в процессе освоения дисциплины, используются следующие вопросы:

1) Назовите основные этапы развития цифровизации промышленности и дайте их краткую характеристику.

2) Что такое Индустрия 4.0?

3) Охарактеризуйте прогнозируемые последствия четвёртой промышленной революции.

4) Охарактеризуйте роль цифровых двойников в современной науке и технике.

5) Что такое автоматизированная система?

6) Что понимается под информационной поддержкой жизненного цикла изделий?

7) Какие принципы лежат в основе создания современных автоматизированных систем?

8) Чем обеспечивается единое информационное пространство цифрового производства?

9) Какие виды трёхмерных моделей изделий существуют? В чем особенности каждого вида моделей?

10) Опишите обобщённый процесс, реализуемый 3D-сканнером при формировании трёхмерной модели.

11) Какие технологии 3D-сканирования существуют? В чём заключаются их преимущества и недостатки?

12) Опишите конструкцию и последовательность работы с контактным 3D-сканером.

13) Опишите конструкцию и последовательность работы с активным бесконтактным 3D-сканером.

14) Опишите конструкцию и последовательность работы с пассивным бесконтактным 3D-сканером.

15) Опишите последовательность контроля геометрии изделий с использованием программного пакета Geomagic Control.

16) Как получить САD-модель изделия произвольной формы по результатам трёхмерного сканирования?

17) Опишите последовательность комплексного реверс-инжиниринга изделий.

18) Какие элементы относят к основным, а какие — к вспомогательным элементам контура детали при проектировании операции обработки на токарном станке с ЧПУ?

19) Как выбирают систему координат детали и «нуль программы» при проектировании операции обработки на токарном станке с ЧПУ?

20) Проведите сравнительный анализ типовых схем черновых переходов обработки на токарных станках с ЧПУ.

21) Какие схемы удаления припуска при черновой обработке на токарных станках с ЧПУ применяются на практике?

22) Какие схемы переходов обработки дополнительных поверхностей применяются при разработке операций для токарных станков с ЧПУ?

23) Приведите обобщённую последовательность выполнения переходов при токарной обработке на станке с ЧПУ и базировании заготовки в патроне.

24) Приведите обобщённую последовательность выполнения переходов при токарной обработке на станке с ЧПУ и базировании заготовки в центрах.

25) Сформулируйте критерии выбора инструмента для токарной обработки на станках с ЧПУ.

26) Как классифицируется фрезерная обработка на станках с ЧПУ по количеству одновременно управляемых координат?

27) Сформулируйте требования к выбору системы координат детали для фрезерной обработке на станке с ЧПУ.

28) Как классифицируют зоны обработки при фрезеровании на станках с ЧПУ?

29) Охарактеризуйте типовые схемы снятия припуска при фрезеровании на станках с ЧПУ.

30) Как выбирают и определяют параметры фрезерования на станках с ЧПУ?

31) В чём заключаются особенности пятикоординатной обработки на фрезерных станках с ЧПУ?

32) Как классифицируют отверстия с точки зрения обработки на станках с ЧПУ? Какие элементы отверстий относят к основным, а какие — к дополнительным?

33) Охарактеризуйте типовые переходы обработки отверстий на станках с ЧПУ.

34) Какие принципы лежат в основе формирования структуры операций обработки отверстий на станках с ЧПУ?

35) Перечислите последовательность этапов проектирования операций обработки отверстий осевым инструментом на станках с ЧПУ.

36) Перечислите последовательность этапов проектирования обработки отверстий расточным инструментом на станках с ЧПУ.

37) Какие особенности следует учитывать при разработке траекторий движения режущего инструмента при обработке отверстий на станках с ЧПУ?

38) Что такое система координат станка с ЧПУ? Какие разновидности систем координат характерны для станков с ЧПУ различных типов?

39) Что такое система координат инструмента?

40) Как выбирается система координат детали при обработке на токарных станках с ЧПУ?

41) Покажите связь систем координат станка, инструмента и детали при обработке на токарном станке с ЧПУ с вертикальной осью вращения револьверной головки.

42) Как осуществляется размерная настройка инструмента на станках с ЧПУ методами полной (неполной) взаимозаменяемости?

43) Какими преимуществами и недостатками характеризуется метод настройки режущего инструмента вне станка? Какова область применения этого метода?

44) Как осуществляется размерная настройка инструмента на станках с ЧПУ методами пригонки и регулирования?

45) Как учитывают износ режущего инструмента при размерной поднастройке станка с ЧПУ?

46) Какие методы автоматизации размерной настройки и поднастройки станка с ЧПУ существуют?

47) Какие виды переходов выделяют при проектировании технологических процессов обработки на станках с ЧПУ?

48) Приведите последовательность технологического проектирования обработки на станках с ЧПУ.

49) Какие факторы обуславливают экономическую эффективность пе-

ревода обработки детали на оборудование с программным управлением?

50) Какие требования к технологичности конструкции детали (заготовки) предъявляются при планировании их обработки на токарных станках с ЧПУ?

51) Какие требования к технологичности конструкции детали (заготовки) предъявляются при планировании их обработки на станках с ЧПУ фрезерной группы?

52) Какую информацию содержит расчётно-технологическая карта на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ?

53) Какова последовательность составления расчётно-технологической карты на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ?

54) Какие требования к оформлению предъявляются к расчётно-технологической карте на операцию, выполняемую на станке с ЧПУ?

Для оценки уровня сформированности умений и навыков, приобретённых студентом в процессе изучения дисциплины, на экзамене используются следующие виды практических заданий:

Задание 1 Для заданного дополнительного элемента контура детали, обрабатываемого на токарном станке с ЧПУ, выбрать режущий инструмент, разработать траекторию его движения, определить координаты опорных точек и написать фрагмент управляющей программы.

Задание 2 Для заданной области детали, обрабатываемой на фрезерном станке с ЧПУ, выбрать режущий инструмент, разработать траекторию его движения, определить координаты опорных точек и написать фрагмент управляющей программы.

Задание 3 Для заданной группы отверстий, обрабатываемых на сверлильном станке с ЧПУ выбрать структуру операции, выбрать режущие инструменты, разработать траектории их движения и написать фрагмент управляющей программы.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Савельев, М. Ю. Введение в цифровое производство : учебное пособие / М. Ю. Савельев ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. — Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. — 88 с. : ил. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=54116052>. — (дата обращения : 04.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

2. Цифровые технологии производственных процессов : электронное учебное пособие = Digital technologies in production processes : lecturing material / А. С. Селиванов, П. А. Путеев, П. Н. Шенбергер, Н. В. Аниськина. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2022. — 143 с. — https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/22873/1/SelivanovAS_i_dr_1-48-21_Z.pdf — (дата обращения : 04.07.2024). — Режим доступа : свободный.

3. Цифровое машиностроение : учебное пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немитинов, М. В. Соколов [и др.]. — Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. — 269 с. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=60020953> — (дата обращения 04.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

4. Кормилицин, С. И. Обработка на станках с ЧПУ : учебное пособие / С. И. Кормилицин, В. А. Солодков. — Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2020. — 120 с. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=43995291>. — (дата обращения : 07.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

5. Фролов, Е. М. Технология обработки на станках с ЧПУ : учебное пособие / Е. М. Фролов, Ж. С. Тихонова. — Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2020. — 64 с. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=43995292>. — (дата обращения : 07.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

Дополнительная литература

6. Грибовский, А. А. Технологии быстрого производства в приборостроении. Учебное пособие / А. А. Грибовский, А. А. Грибовская. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. — 66 с. : ил. — <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1827.pdf>. — (дата обращения : 04.07.2024). — Режим доступа : свободный.

7. Грибовский, А. А. Геометрическое моделирование в аддитивном производстве. Учебное пособие / А. А. Грибовский. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2015. — 49 с. — <https://books.ifmo.ru/file/pdf/1826.pdf>. —

(дата обращения : 04.07.2024). — Режим доступа : свободный.

8. Фельдштейн, Е. Э. Обработка деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие для студентов вузов / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. — 3-е издание, дополненное. — Минск : Новое знание, 2005. — 287 с. (11 экз.).

9. Фролов, Е. М. Типовые алгоритмы обработки на станках с ЧПУ : учебное пособие / Е. М. Фролов, Д. В. Крайнев. Ж. С. Тихонова. — Волгоград, Изд-во ВолГТУ, 2019. — 108 с. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=41659781>. — (дата обращения : 07.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

10. Пестов, С. П. Технология обработки деталей на станках с ЧПУ : учебное пособие / С. П. Пестов. — Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2015. — 70 с. — <https://elibrary.ru/item.asp?id=41326682>. — (дата обращения : 07.07.2024). — Режим доступа — для авторизованных пользователей.

Учебно-методическое обеспечение

11. Макаров, А. М. Технологии цифрового производства. Лабораторный практикум : учебное пособие / А. М. Макаров, А. В. Дроботов, М. Ю. Ветлицын, А. В. Ваганов, С. С. Шемелюнас ; ВолГТУ. — Волгоград, 2022. — 160 с. — <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49885749> — (дата обращения : 04.07.2024). — Режим доступа : для авторизованных пользователей.

12. Технология обработки на станках с ЧПУ : практикум для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» / сост.: М. А. Леванцевич, Е. Ф. Коновалова. К. Э. Рудак. — Минск : БНТУ, 2021. — 89 с. — http://www.rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/8248/TO_CHPU_tokar_stank_i2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y. — (дата обращения : 07.07.2024). — Режим доступа : свободный.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донбасский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ДонГТУ») : официальный сайт. — URL : <http://library.dstu.education>. — Текст : электронный.

2. Научно-техническая библиотека Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL : <https://ntb.bstu.ru/jirbis2>. — Текст : электронный.

3. Национальная электронная библиотека — <https://viewer.rsl.ru> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU — <https://elibrary.ru> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.
5. Электронно-библиотечная система znanium.com — <https://znanium.com> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : для зарегистрированных пользователей.
6. Федеральный институт промышленной собственности. Открытые реестры. — <https://fips.ru/registers-web> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : свободный.
7. Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. — <https://www.rst.gov.ru/portal/gost> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : свободный.
8. Библиотека нормативной документации. — <https://files.stroyinf.ru> (дата обращения: 02.04.2024). — Режим доступа : свободный.
9. Электронная библиотечная система Консультант студента : [сайт]. — Москва. — URL : <https://www.studentlibrary.ru/?ysclid=m0p04ni4nl646701969>. — Текст : электронный.
10. Университетская библиотека ONLINE :[сайт]. — URL : https://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 9.

Таблица 9 — Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудования учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
<p>Специальные помещения:</p> <p><i>Лекционная аудитория (60 посадочных мест)</i>, оборудованная специализированной (учебной) мебелью (парта — 20 шт., стол компьютерный — 1 шт., доска аудиторная — 2 шт.), АРМ преподавателя (системный блок ПК + монитор), мультимедийный проектор, широкоформатный экран</p> <p>Аудитория для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:</p> <p><i>Предметная аудитория (22 посадочных места)</i>, оборудованная специализированной (учебной) мебелью (парта — 11 шт., стол письменный — 2 шт., доска аудиторная — 1 шт.).</p> <p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ручной лазерный 3D-сканер Shinning 3D; – портативный метрологический 3D сканер RangeVision PRO; – ноутбук Dynaudio Stealth17 Studio <p>Аудитория для проведения лабораторных работ:</p> <p><i>Учебные мастерские (30 рабочих мест)</i></p> <p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> – встроенный высокоскоростной вертикальный обрабатывающий центр SINO V-8D с комплектом режущего и вспомогательного инструмента; – пятиосевой вертикально-фрезерный обрабатывающий центр VFC-650AC с комплектом режущего и вспомогательного инструмента; – станок токарный с числовым программным управлением 16K30Ф3 с комплектом режущего инструмента; – станок токарный с числовым программным управлением 16Б16Т1С1 с комплектом режущего инструмента; – станок вертикально-фрезерный с крестовым столом и числовым программным управлением 6520Ф3 (модернизированный) с комплектом режущего и вспомогательного инструмента; – пресеттер LINKS LR345С с комплектом вспомогательного инструмента; – станок лазерного раскроя листового проката с ЧПУ модели ALS1530 	<p>ауд. <u>103</u> корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>303</u> корп. <u>третий</u></p> <p>ауд. <u>102</u> корп. <u>третий</u></p>

Лист согласования РПД

Разработал
старший преподаватель кафедры
технологии и организации
машиностроительного производства
(должность)



(подпись)

С. Ю. Стародубов
(Ф.И.О)

Заведующий кафедрой
технологии и организации
машиностроительного производства



(подпись)

А. М. Зинченко
(Ф.И.О)

Протокол № 11 заседания кафедры технологии и организации
машиностроительного производства от 10.07.20 24 г.

И. о. декана факультета
горно-металлургической
промышленности и строительства



(подпись)

О. В. Князьков
(Ф.И.О)

Согласовано

Председатель методической комиссии по
направлению подготовки 15.04.03
Прикладная механика («Цифровые
технологии в производственной сфере»)



(подпись)

А. М. Зинченко
(Ф.И.О)

Начальник учебно-методического центра



(подпись)

О. А. Коваленко
(Ф.И.О)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	