

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**А. Г. Кисель, О. В. Агеев**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,  
обучающихся в магистратуре по направлению подготовки  
15.04.01 Машиностроение

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 67.05

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания  
ФГБОУ ВО «КГТУ» М. Н. Альшевская

Кисель, А. Г.

Интеллектуальные системы числового программного управления: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. магистратуры по напр. подгот. 15.04.01 Машиностроение / А. Г. Кисель, О. В. Агеев. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 19 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Интеллектуальные системы числового программного управления» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям для направления подготовки 15.04.01 Машиностроение, всех форм обучения.

Табл. 3, список лит. – 8 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 апреля 2023 г., протокол № 4

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 21 апреля 2022 г., протокол № 3

УДК 67.05

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2023 г.  
© Кисель А. Г., Агеев О. В., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	18

## ВВЕДЕНИЕ

Правительством РФ принята концепция «Индустрия 4.0», имеющая своей целью построение цифровой экономики России. Это обуславливает необходимость изменения подхода к организации как деятельности технологического оборудования промышленных предприятий, так и самого предприятия. Однако оцифровывание механообрабатывающих производств в РФ пока еще не является общенациональным трендом и реализуется крайне медленно.

Однако производители нового оборудования различного назначения вынуждены применять известные системы ЧПУ, которые не в полной мере способны решать задачи управления в конкретных условиях. Они не отвечают требованиям цифровых производств и организации умных цехов и предприятий в целом. Кроме того, для цифровых производств механообрабатывающее оборудование необходимо проектировать как кибер-физическую систему. К сожалению, в настоящее время опыт в этом направлении отсутствует.

Проблема существенно усложняется еще и тем, что необходимо найти такое решение вопроса, которое подходило бы как к вновь проектируемым, так и к уже успешно работающим системам управления технологическим оборудованием (металлорежущим станкам, оборудованию аддитивных технологий, промышленным роботам и так далее).

Таким образом, в настоящее время отсутствует единая базовая управляющая платформа, на основе которой разрабатывалось бы новое поколение систем управления технологическим оборудованием для цифровых производств. Такие платформы должны обладать большими вычислительными ресурсами и высоким быстродействием обработки большой базы данных. Это существенно сократит расходы на разработку и эксплуатацию технологического оборудования, и обеспечит его вхождение в единое информационное пространство целого предприятия. Отсутствие базовой платформы управления технологическим оборудованием также сдерживает и разработку новых высокопроизводительных методов изготовления деталей (высокоскоростная обработка, аддитивные технологии, гибридные технологии обработки и так далее) и в целом ослабляет эффективность цифровых производств. Создание единой платформы управления оборудованием решит и другую важную задачу – технологическую безопасность страны в целом, поскольку большинство имеющегося оборудования, в том числе и на предприятиях оборонного комплекса, оснащено импортными системами управления.

Следовательно, формирование нового подхода к управлению оборудованием цифровых производств и разработка базовой унифицированной платформы на основе новых технологий, создание новых и усовершенствование

существующих систем управления технологическим оборудованием – все это является актуальной задачей цифровых производств.

Единой платформой могут выступать открытые системы ЧПУ станков со встроенными модулями нейропроцессоров (нейрочипов) и модулями связи с промышленным интернетом, то есть с возможностями использования облачных технологий и обработки больших данных, интернета вещей как на серверах предприятий (локальные сети), так на серверах провайдеров. Это создает основу интеллектуального управления широкой номенклатурой технологического оборудования, оснащенного системами ЧПУ с расширенными возможностями, и способствует интеграции в нее подсистем диагностики, например, износа инструмента. При этом особое внимание следует уделять разработке систем диагностики динамического состояния механообрабатывающего оборудования.

Целью освоения дисциплины «Интеллектуальные системы числового программного управления» является формирование у студентов знаний в области применения и разработки аналитических и численных методов, при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- конструктивные особенности и технологические возможности станков с ЧПУ;
- правила кодирования информации для станков с ЧПУ;
- особенности разработки управляющих программ для токарных и фрезерных станков с ЧПУ;
- основные приемы и методики при наладке станков с ЧПУ для работы по управляющей программе.

Уметь:

- разрабатывать управляющие программы для типовых систем ЧПУ токарно-фрезерной группы.

Владеть:

- методикой подготовки чертежа детали для операций программирования;
- навыками составления простых управляющих программ для токарных и фрезерных станков с ЧПУ.

При реализации дисциплины «Интеллектуальные системы числового программного управления» организуется практическая подготовка путем проведения практических работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для успешного освоения дисциплины «Интеллектуальные системы числового программного управления», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических (семинарских) занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета, который выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное</b>	Не может делать	В состоянии	В состоянии	В состоянии

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

При необходимости для обучающихся-инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

Для успешного освоения дисциплины «Интеллектуальные системы числового программного управления» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к практическим занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Интеллектуальные системы числового программного управления», студент должен научиться работать на лекциях, практических занятиях и организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на

лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области систем числового программного управления, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия
1	Современные подходы к управлению технологическим оборудованием механообработки в условиях цифрового производства
2	Управление технологическим оборудованием механообработки на основе искусственного интеллекта, облачных технологий и интернета вещей
3	Кибер-физические системы – основа цифровых двойников
4	Гибридные технологии механообработки на основе 3D-печати
5	Управление современным цифровым производством

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

### **Тема 1. Современные подходы к управлению технологическим оборудованием механообработки в условиях цифрового производства**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Искусственные нейронные сети.
2. Облачные технологии.
3. Интернет вещей.
4. Цифровые двойники.

*Ключевые понятия:* технологическое оборудование, механообработка, цифровое производство, управление оборудованием, нейронные сети, цифровые двойники.

*Литература:* [1, с. 14–35]

#### *Методические рекомендации*

Одним из недостатков существующей организации предприятий, сдерживающим реализацию цифровых технологий, является отсутствие единой

концепции использования систем управления технологическим оборудованием по причине их узкой ориентации на конкретный вид оборудования. При этом не учитывается значительный прогресс в области разработки программного и аппаратного обеспечения систем ЧПУ, позволяющий пользователю существенно расширять их возможности на основе искусственного интеллекта и IT-технологий.

Способность к моделированию нелинейных процессов, работе с зашумленными данными и адаптивность дают возможность применять нейронные сети для решения широкого класса задач. Использование нейронных сетей возможно в разнообразных областях: распознавание образов, обработка зашумленных данных, дополнение образов, ассоциативный поиск, классификация, оптимизация, прогноз, диагностика, обработка сигналов, абстрагирование, управление процессами, сегментация данных, сжатие информации, сложные отображения, моделирование сложных процессов, машинное зрение, распознавание речи и т.д.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Устройство нейронных сетей.
2. Типы архитектур нейронных сетей.
3. Способы обучения нейронной сети.
4. Что такое облачные технологии?
5. Какие задачи решают облачные технологии?
6. Достоинства облачных технологий.
7. Недостатки облачных технологий.
8. Что такое интернет вещей?
9. Примеры интернета вещей.
10. Что такое цифровой двойник?
11. Примеры цифровых двойников.

## **Тема 2. Управление технологическим оборудованием механообработки на основе искусственного интеллекта, облачных технологий и интернета вещей**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Эволюция систем адаптивного управления технологическими системами.
2. Оптимизация управляющих программ для станков с ЧПУ.
3. Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии в управлении технологическим оборудованием как кибер-физической системой.

*Ключевые понятия:* системы адаптивного управления, технологические системы, управляющая программа, кибер-физическая система, искусственный

интеллект, интернет вещей, облачные технологии.

*Литература:* [1, с. 36–80]

*Методические рекомендации*

Использование алгоритмов искусственного интеллекта, облачных технологий и интернета вещей открывает новые возможности осуществления более современного подхода к данной проблеме, который предполагает отказ от статистического управления технологическим процессом на основе обобщенных экспериментальных зависимостей и полностью основывается на принципе динамической самообучаемости и приспособляемости системы управления технологическим оборудованием к реальным условиям производства.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое система адаптивного управления?
2. Устойчивость процесса резания на основе подходов нелинейной динамики.
3. Определение сценария развития хаотичности динамических систем.
4. Метод оценки устойчивости упругой системы станка по чувствительности к изменению входных данных.
5. Методы разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.
6. Оптимизация управляющих программ на основе нелинейной динамики и искусственного интеллекта.
7. Интеллектуальная система управления станками с ЧПУ.

### **Тема 3. Кибер-физические системы – основа цифровых двойников**

*Ключевые вопросы темы*

1. Цифровой двойник оборудования
2. Проектирование кибер-физических систем механообработки.
3. Цифровой двойник машиностроительного предприятия

*Ключевые понятия:* цифровой двойник, кибер-физическая система, машиностроительное предприятие, механообработка, проектирование.

*Литература:* [1, с. 81–146]

*Методические рекомендации*

Кибер-физическая система (КФС) – это основная технологическая

единица цифрового производства, характеризующаяся высокими адаптивными и интеллектуальными возможностями за счет ассоциативного восприятия информации и постоянного обучения, оценки текущего состояния и прогнозирования будущего, способностей автономно решать задачи оптимизации и принимать правильные решения на основе анализа многомерных данных, учитывая различные, зачастую скрытые факторы реального производства.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Цифровой двойник процесса стружкообразования.
2. Цифровой двойник режущего инструмента.
3. Цифровой двойник точности механообработки.
4. Цифровой двойник шероховатости обработанной поверхности.
5. Что такое кибер-физические системы?
6. Структурная схема функционирования механообрабатывающего предприятия и его взаимодействия с потребителем.

### **Тема 4. Гибридные технологии механообработки на основе 3D-печати**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Аддитивные технологии в машиностроении.
2. Интеллектуальная система 3D-печати деталей на станках с ЧПУ.
3. Система нейроморфного адаптивного управления системами с ЧПУ при гибридной обработке.
4. Цифровой двойник процесса 3D-печати.

*Ключевые понятия:* аддитивные технологии, интеллектуальная система, 3D-печать, станок с ЧПУ, нейроморфное адаптивное управление, гибридная обработка, цифровой двойник.

*Литература:* [1, с. 147–174]

#### *Методические рекомендации*

Применение новых технологий – главный тренд последних лет в любой сфере цифрового производства. Каждое предприятие в России и мире стремится создавать более дешевую, надежную и качественную продукцию, используя самые совершенные методы и материалы. Использование аддитивных технологий – один из ярчайших примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство, преобразуя их в цифровые.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое аддитивные технологии?

2. Преимущества аддитивных технологий.
3. Оборудование и материалы при 3D-печати.
4. Технологии аддитивного производства.
5. Принципиальная схема функционирования системы оптимизации режимов 3D-печати.
6. Нейронносетевая модель (двойник) процесса 3D-печати на станках с ЧПУ.

## **Тема 5. Управление современным цифровым производством**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Организация и логистика при изготовлении деталей в механообрабатывающих цехах в условиях цифрового производства.
2. Управление цифровым механообрабатывающим производством.

*Ключевые понятия:* цифровое производство, механообрабатывающий цех, логистика, механообрабатывающее производство, организация производства.

*Литература:* [1, с. 175–187]

### *Методические рекомендации*

Мировая промышленная революция предлагает качественно новые возможности повышения эффективности производства, однако и требования к автоматизации новые технологии предъявляют совершенно другие. Иначе говоря, тут уже стоит говорить не столько об автоматизации, сколько о практически полной оцифровке механообрабатывающего производства.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Схема механообрабатывающего цифрового производства.
2. Программные продукты, которые упрощают функционирование предприятий.
3. Схема взаимосвязи цифровой системы и производственной площадки.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков по работе и современным способам программирования и наладки станков с ЧПУ при обработке заготовок из различных материалов.

Практические занятия по дисциплине «Интеллектуальные системы числового программного управления» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению

курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, интересных фактов, статистических данных, связанных с изучаемой проблематикой практического занятия.

Тематический план практических (семинарских) (ПЗ) занятий представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1	Написание управляющей программы (УП) для работы станка с применением G-, M-кодов
2	Изучение программных возможностей станка с использованием G-кода. Линейная интерполяция. Круговая интерполяция. Сплайновая интерполяция
3	Изучение и применение системы автоматизированного проектирования (САПР) для станков с ЧПУ
4	Применение САМ модуля системы САПР для автоматизированного формирования УП. Работа в системе ADEM
5	Изучение и применение постпроцессора для конкретной системы управления станка
6	Написание УП при помощи САПР. Отладка УП в режиме имитатора

Обучающийся должен подготовить по рассматриваемому занятию отчет, защитить его, ответив устно на вопросы преподавателя.

По результатам защиты отчета преподаватель выставляет экспертную оценку по четырехбалльной шкале – «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценка «отлично» ставится обучающемуся, обладающему системностью, обстоятельностью и глубиной излагаемого материала, способностью воспроизвести основные тезисы по теме практического занятия, готовому развернуто отвечать на вопросы преподавателя. Оценка «хорошо» ставится обучающемуся, обладающему глубиной и системностью излагаемого материала, но имеющему некоторые затруднения при ответе на вопросы. Оценка «удовлетворительно» ставится обучающемуся, имеющему недостатки информации по теме практического занятия, имеющему затруднения при ответе на вопросы преподавателя. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся, не обладающему информацией по теме практического занятия, неспособному ответить на вопросы преподавателя.

## **2.1 Практическое занятие на тему «Написание управляющей программы (УП) для работы станка с применением G-, M-кодов»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки по созданию управляющих программ для деталей на токарном станке УТС-1.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить основные команды программирования токарного станка.
2. Изучить способы задания перемещения инструмента.
3. Изучить принципы написания управляющей программы.
4. Создать управляющую программу для токарной обработки.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Как записывается команда круговой интерполяции?
2. Как записывается цикл продольной обработки?
3. Что такое сплайновая интерполяция?
4. Какие команды отвечают за работу шпинделя?
5. Какая команда отвечает за паузу?

## **2.2 Практическое занятие на тему «Изучение программных возможностей станка с использованием G-кода. Линейная интерполяция. Круговая интерполяция. Сплайновая интерполяция»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки по программированию обработки деталей на токарном станке УТС-1 с устройством числового программного управления класса PCNC.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить основные команды программирования токарного станка.
2. Изучить способы задания перемещения инструмента.
3. Создать управляющую программу токарной обработки.
4. Получить виртуальную обработку детали.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Как записывается команда круговой интерполяции?
2. Как осуществляется взаимосвязь систем координат детали и станка?
3. Что такое сплайновая интерполяция?
4. Какие команды отвечают за работу шпинделя?
5. Что такое дискрета? Что зависит от величины дискреты?
6. Что такое интерполяция?
7. Для чего используется сплайновая интерполяция?

### **2.3. Практическое занятие на тему «Изучение и применение системы автоматизированного проектирования (САПР) для станков с ЧПУ»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки назначения систем автоматизированного проектирования (САПР – CAD/CAM) применяемым для программирования станков с ЧПУ.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить назначение САПР.
2. Изучить принципы создания чертежей.
3. Построить чертеж детали по заданию.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дать определения САПР.
2. Какие задачи решает САПР?
3. Что такое жизненный цикл изделия?
4. Дать определения технологии?
5. Система CAD.
6. Какие стадии проектирования изделия различают?
7. Что такое CAM?

### **2.4. Практическое занятие на тему «Применение САМ модуля системы САПР для автоматизированного формирования УП. Работа в системе ADEM»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки назначения систем автоматизированного проектирования (САПР) применяемое для программирования станков с ЧПУ САМ модуль.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить назначение САМ модуля.
2. Изучить создание технологии обработки для токарного станка.
3. Построить чертеж детали по заданию.
4. Создать технологию обработки.
5. Выполнить моделирования обработки в ADEM.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дать определение САПР.
2. Система САМ.
3. Дать определение технологического процесса.
4. Какие виды токарной обработки бывают?
5. В каких значениях задаются режимы резания?

## **2.5 Практическое занятие на тему «Изучение и применение постпроцессора для конкретной системы управления станка»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки назначения постпроцессора создания управляющих программ для токарного станка с ЧПУ УТС-1.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить назначение постпроцессора.
2. Изучить создание технологии обработки для токарного станка.
3. Выполнить моделирование обработки в ADEM-е.
4. Получить УП для обработки на токарном станке.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Дать определения САПР.
2. Что такое постпроцессор?
3. Какие задачи решает постпроцессор?
4. Какие виды токарной обработки бывают?
5. В каких кодах описывается УП?

## **2.6 Практическое занятие на тему «Написание УП при помощи САПР. Отладка УП в режиме имитатора»**

*Цель занятия* – получить умения и навыки назначения постпроцессора создания управляющих программ для имитатора и токарного станка с ЧПУ УТС-1.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить назначение постпроцессора.
2. Изучить создание технологии обработки для токарного станка.
3. Выполнить моделирование обработки в ADEM-е.
4. Получить УП для обработки на токарном станке.
5. Произвести обработку в имитаторе или на станке.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое постпроцессор?
2. Типы постпроцессоров.
3. Дать схему Адаптера в АDEM.
4. Какие задачи решает Адаптер?
5. Какие правила выполняются при формировании УП?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Искусственный интеллект, интернет вещей, облачные технологии и цифровые двойники в современном механообрабатывающем производстве: монография / Ю. Г. Кабалдин [и др.]; под ред. Ю. Г. Кабалдина. – Нижний Новгород, 2019. – 196 с.

2. Мазеин, П. Г. Учебный минигабаритный токарный станок модели НТС-1 с компьютерным управлением: учеб. пособие / П. Г. Мазеин, С. С. Панов, С. В. Шереметьев [и др.]. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 148 с.

3. ГОСТ 3.1404-86 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием.

4. Сосонкин, В. Л. Программное управление технологическим оборудованием / В. Л. Сосонкин. – Москва: Машиностроение, 1991. – 512 с.

5. Быков, А. В. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка / А. В. Быков, В. В. Силин, В. В. Семенников, В. Ю. Феоктистов. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2003. – 320 с.

6. Быков, А. В. Компьютерные чертежно-графические системы для разработки конструкторской и технологической документации в машиностроении: учеб. пособие для нач. проф. образования / А. В. Быков, В. Н. Гаврилов, Л. М. Рыжкова [и др.]. – Москва: Издательский центр "Академия", 2002. – 224 с.

7. Гжиров, Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р. И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 588 с.

8. Серебrenицкий, П. П. Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. – Москва: Высшая школа, 2002. – 592 с.

Локальный электронный методический материал

Антон Геннадьевич Кисель  
Олег Вячеславович Агеев

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ  
ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 1,3. Печ. л. 1,2

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1