

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

**Н. А. Фролова**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата  
15.03.01 Машиностроение

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2023

УДК 67.05

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» А. Г. Кисель

Фролова, Н. А.

Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подготовки 15.03.01 Машиностроение / Н. А. Фролова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 38 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» 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 и лабораторным занятиям для направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, всех форм обучения.

Табл. 4, список лит. – 7 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 31 августа 2023 г., протокол № 1

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» 31 августа 2023 г., протокол № 6

УДК 681.5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2023 г.

© Фролова Н. А., 2023 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	24
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ.....	30
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПИСАНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ.....	35
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Высокий уровень развития цифровых и информационных технологий позволил сделать значительный скачок в современном машиностроении. Это связано, в основном, с применением высокопроизводительной компьютерной техники для планирования производственного процесса, проектирования операций механической обработки, в управлении станками и промышленными роботами, при осуществлении контроля готовых изделий, анализа производственного процесса и многого другого.

Одним из направлений развития современного машиностроения является автоматизация производственных процессов. Данное направление успешно развивается в таких сферах и отраслях промышленности как приборостроение, машиностроение и т. д. Внедрение средств автоматизации, таких как, станки с ЧПУ, промышленные роботы, автоматизированные транспортная и складская системы и многое другое, позволило ускорить производственный процесс, повысить качество изготавливаемой продукции снизить количество высококвалифицированного персонала, улучшить условия труда.

Технологический процесс обработки детали может быть автоматизирован полностью или частично в зависимости от целей, которые стоят перед производством, целесообразности и возможности автоматизации. Поскольку технологический процесс состоит из основных и вспомогательных операций, то, соответственно, и автоматизировать можно основные и/или вспомогательные операции. Основные операции технологического процесса служат для придания требуемых размеров, заданной шероховатости и свойств обрабатываемой детали. Средством автоматизации основных операций является станок с ЧПУ, который по управляющей программе производит обработку детали без непосредственного участия человека. Станки с ЧПУ могут оснащаться навесными роботами и быть встроенными в гибкую производственную систему или линию, что позволяет автоматизировать вспомогательные переходы, связанные с установкой и снятием детали, загрузкой и выгрузкой режущего инструмента в инструментальный магазин станка и т. д.

Вспомогательные операции не связаны с непосредственным изменением размеров, формы и свойств обрабатываемых деталей, но необходимы для выполнения основных технологических операций. К вспомогательным операциям относятся транспортные операции, моечные операции и т. д. Выполняются вспомогательные операции при помощи таких средств автоматизации как роботы, промышленные роботы, автоматизированные транспортные и складские системы.

Целью освоения дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» является приобретение студентами навыков проектирования и расчета средств технологического оснащения автоматизированного производства в машиностроении.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- основные понятия и определения в области автоматизации производственных процессов в машиностроении;
- методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся автоматизации производственных процессов в машиностроении;
- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности технических средств автоматизации производственных процессов; -
- основные цели, задачи и перспективы автоматизации машиностроительных производств;
- методологию системного решения задач автоматизации;

**уметь:**

- выполнять работы по проектированию, информационному обслуживанию, техническому контролю в автоматизированном машиностроительном производстве;
- выбирать эффективные средства изготовления деталей с рациональным уровнем автоматизации;
- выбирать рациональные варианты вспомогательных средств автоматизации (транспорта, накопителей, загрузочных устройств);
- выявлять размерные, временные и информационные связи в автоматизированном производственном процессе;

**владеть:**

- современными методами разработки оптимальных автоматизированных и автоматических производственных процессов;
- методами проведения комплексного техноэкономического анализа обоснованного принятия решений в автоматизированном машиностроении;
- методами изыскания возможности сокращения цикла работ, содействия подготовке процесса их реализации с обеспечением необходимых технических данных в автоматизированном машиностроительном производстве.

При реализации дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» организуется практическая подготовка и выполнение лабораторных работ путем проведения лабораторных и практических работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. Для успешного освоения дисциплины «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» студент должен активно работать на лекционных, лабораторных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В рамках освоения данной дисциплины предусмотрено выполнение курсового проекта.

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	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>Критерий</b>				
<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 полнотой 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 осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	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

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 после первого семестра обучения и экзамена после второго семестра обучения, который выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

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 «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень ключевых вопросов для подготовки к практическим и лабораторным занятиям и организации самостоятельной работы студентов.

## **1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Осваивая курс «Автоматизация производственных процессов в машиностроении», студент должен научиться работать на лекционных, практических и лабораторных 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	Введение. Роль автоматизации машиностроения в развитии современного производства. Понятия и определения: автомат, полуавтомат, ГПС, автоматическая линия
2	Особенности автоматизации машиностроения. Применение принципов стандартизации при проектировании автоматических станочных систем
3	Тенденции развития средств автоматизации для серийного и массового производства
4	Технические и экономические критерии автоматизации
5	Основные положения теории производительности. Обеспечение технологичности конструкций деталей
6	Классификация технологических процессов
7	Влияние структуры операции на производительность
8	Этапы и методологические особенности проектирования автоматизированного технологического процесса
9	Принципы построения автоматизированных технологических процессов в машиностроении
10	Компоновка операций и технологического оборудования при автоматизации технологических процессов. Последовательное, параллельное и смешанное агрегатирование
11	Особенности инструмента и приспособлений, применяемых в автоматизированном производстве. Инструментальная оснастка автоматических линий
12	Назначение загрузочных устройств. Классификация загрузочных устройств
13	Трудоемкость сборки и особенности ее автоматизации. Переходы сборочных процессов
14	Проблема стружкодробления в автоматизированном производстве и удаления стружки из рабочей зоны технологического оборудования
15	Автоматизация контроля. Система управляющего контроля
16	Контрольно-сортировочные автоматы
17	Комплексная автоматизация серийного производства
18	Описание работы технологических комплексов с помощью циклограмм. Методика построения циклограммы функционирования роботизированного технологического комплекса

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. Введение. Роль автоматизации машиностроения в развитии современного производства. Понятия и определения: автомат, полуавтомат, ГПС, автоматическая линия**

*Ключевые вопросы темы*

1. Роль автоматизации машиностроения в развитии современного производства.
2. Понятия и определения: автомат, полуавтомат, ГПС, автоматическая линия.
3. Организационно-технические предпосылки автоматизации.
4. Применение принципов стандартизации при проектировании автоматических станочных систем.

*Ключевые понятия:* автоматизация, гибкая производственная система, гибкий производственный модуль.

*Литература:* [1, с. 16–38].

*Методические рекомендации*

Реальный экономический эффект, получаемый в результате механизации и автоматизации, во многом зависит от того, в каких конкретных условиях и для решения каких производственных задач используются средства и методы механизации и автоматизации. На механизацию и, особенно, автоматизацию машиностроительного производства необходимы значительные капитальные затраты. Если объект автоматизации выбран удачно, эти затраты окупаются быстро. В короткие сроки достигается высокая экономическая эффективность, а если идти по пути «сплошной» автоматизации, то вместо экономии можно получить убытки. Поэтому каждый специалист-машиностроитель должен иметь четкое представление о технических возможностях средств механизации и автоматизации и уметь правильно их выбирать в каждом конкретном случае с наибольшей эффективностью.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Частичная и полная механизация.
2. Комплексная и частичная автоматизация.
3. Автомат и полуавтомат.
4. Гибкая производственная система.
5. Гибкий производственный модуль.
6. Понятие унификации, стандартизации и типизации.

## **Тема 2. Особенности автоматизации машиностроения. Применение принципов стандартизации при проектировании автоматических станочных систем**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Особенности автоматизации машиностроения.
2. Применение принципов стандартизации при проектировании автоматических станочных систем.
3. Компоновка унифицированных узлов.

*Ключевые понятия:* современный токарный автомат, базовые модели, агрегирование, унифицированные узлы.

*Литература:* [2, с. 45–62].

### *Методические рекомендации*

Современное состояние и ближайшие перспективы автоматизации в машиностроении связаны, прежде всего, с переходом от создания отдельных машин и агрегатов к разработке систем автоматических машин, охватывающих различные стадии производственного процесса – от заготовительных до сборочных, с оптимизацией технических решений. Центр тяжести разработок переносится с массового на серийное производство с широким развитием автоматизации и механизации вспомогательных процессов, причем автоматизации не только технологических операций, но и функций управления.

Комплексная автоматизация базируется на непрерывном совершенствовании технических средств (от простейших механизмов до сложных электронных систем; СПУ, электронных вычислительных и управляющих машин и др.); на широком использовании общности методов и средств автоматизации на различных стадиях производственного процесса, на применении методов унификации.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислить стадии производственного процесса.
2. Особенности компоновки унифицированных узлов.
3. Методы унификации.
4. Принцип работы современного токарного аппарата, отличительные характеристики.
5. Свойства унифицированных узлов.

## **Тема 3. Тенденции развития средств автоматизации для серийного и массового производства**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Тенденция для серийного производства.
2. Тенденция для массового производства.

### 3. Общие тенденции для серийного и массового производства.

*Ключевые понятия:* станочная система с ЧПУ и сменными шпиндельными коробками для многоинструментальной обработки, технологические и вспомогательные процессы серийного и массового производства.

*Литература:* [3, с. 18–32].

#### *Методические рекомендации*

При современном уровне научно-технического прогресса основной формой производства становится комплексно-автоматизированное и высокомеханизированное производство. Любые новые неавтоматизированные технологические процессы и оборудование должны рассматриваться как частное, вынужденное решение, когда в конкретных условиях производства еще не созрели технические и экономические предпосылки для его автоматизации. Длительное время основным направлением комплексной автоматизации машиностроения было решение задач, связанных с массовым производством, где создано и внедрено множество машин-автоматов и полуавтоматов, автоматических и поточных линий: 80–90 % таких деталей, как блоки цилиндров и головки блоков двигателей, валы коробки передач, массовые подшипники и др., обрабатываются на автоматических линиях. Однако это оборудование как правило является специальным, т. е. на обработку других деталей не переналаживается. Поэтому серийное производство длительно базировалось только на универсальном неавтоматизированном оборудовании (токарные станки, кривошипные прессы и др.) малопроизводительном, но достаточно мобильном (быстро переналаживаемом на обработку других деталей). Переломным моментом в автоматизации серийного производства явилось появление машин с числовым программным управлением, которые сочетают высокую производительность и мобильность благодаря наличию систем управления на электронной основе.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Серийное и массовое производство. Главные отличительные особенности.
2. Перечислить и охарактеризовать тенденции развития средств автоматизации.
3. Охарактеризовать станочную систему с ЧПУ и сменными шпиндельными коробками для многоинструментальной обработки.
4. Расчет коэффициента использования по машинному времени и коэффициента технического использования.

### **Тема 4. Технические и экономические критерии автоматизации**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные показатели экономической эффективности автоматизации.
2. Интерпретация полученных результатов экономической эффективности автоматизации.

*Ключевые понятия:* уровень механизации и автоматизации живого труда, уровень механизации и автоматизации процесса, срок окупаемости капитальных дополнительных вложений.

*Литература:* [3, с. 12–15].

#### *Методические рекомендации*

Для количественной оценки состояния механизации и автоматизации технологических процессов установлена система основных, вспомогательных и дополнительных показателей. Условием целесообразности применения автоматизированных станков является превышение количества выпускаемых на них деталей  $N_2$  в заданный период времени  $T$ , с учетом времени, затрачиваемого на переналадку, и количеством тех же деталей  $N_1$ , снимаемых с неавтоматизированных станков после тех же операций.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как определяется уровень механизации и автоматизации живого труда?
2. Что является условием целесообразности применения автоматизированных станков?
3. Перечислите этапы проведения экономической эффективности для расчета автоматизации процесса.
4. От каких факторов зависит экономическая эффективность автоматизации.

### **Тема 5. Основные положения теории производительности. Обеспечение технологичности конструкций деталей**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Технологическая производительность.
2. Технологический процесс автоматизированного производства.
3. Обеспечение технологичности конструкций деталей.

*Ключевые понятия:* штучная производительность, техническая производительность, внециклические потери, автоматизированный технологический процесс, нормализация деталей, поверхностей и конструктивных элементов, максимальная взаимозаменяемость деталей.

*Литература:* [4, с. 25–40].

#### *Методические рекомендации*

Автоматизированный технологический процесс представляет собой совокупность операций, выполняемых в определенной последовательности системой автоматических машин и механизмов, преобразующих исходный материал в готовое изделие, отвечающее требованиям технических условий рабочего

чертежа и Госстандарта, без непосредственного участия в этом процесса рабочего, которому остается только наблюдать за исправностью работы механизмов и системы управления и периодически поднастраивать рабочий инструмент.

В отличие от процессов неавтоматизированного серийного и даже поточного производства при проектировании автоматизированных технологических процессов наряду с расчетом точности и производительности обработки должны быть решены задачи выбора систем автоматического управления, автоматической загрузки, выгрузки, транспортировки и контроля обрабатываемых деталей и автоматической оптимизации режимов обработки.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Чем характеризуется производительность?
2. От чего зависит штучная производительность?
3. Какие простои относятся к внециклическим потерям?
4. Что представляет собой автоматизированный технологический процесс?

### **Тема 6. Классификация технологических процессов**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Классы технологических процессов.
2. Характеристика схем конвейерного протягивания, бесцентрового шлифования на проход, непрерывного нарезания резьбы, роторного станка для двустороннего сверления.

*Ключевые понятия:* повышение производительности машин, дискретное действие, рациональное построение рабочего цикла, сокращение внецикловых потерь работы, конвейерное протягивание.

*Литература:* [1, с. 73–85].

#### *Методические рекомендации*

Комплексные технологические процессы, включающие механическую и термическую обработку, сборку и контроль качества изделий. Это оборудование, являющееся специальным, дорогим и в большинстве случаев труднопереналаживаемым на выпуск других изделий, применяют для малогабаритных изделий, выпускаемых в больших количествах по принципу массового производства. На сложность, а, следовательно, надежность и стоимость автоматического оборудования оказывает большое влияние кинематика основных и вспомогательных движений. Предпочтительны технологические процессы, у которых траектория этих движений – прямые линии (объемная штамповка, электроэрозионная обработка, клепка). В этом случае применяют инструменты объемного типа (штампы, электроды, обжимки). Их рабочая поверхность воспроизводит соответствующую поверхность объектов производства. Более сложны случаи обработки, основанные на сочетании двух движений (вращение заготовки и ра-

диальная подача фасонного резца при обтачивании поверхности с криволинейной образующей). Оборудование еще более усложняется, если процесс обработки (сборки) основан на кинематическом сочетании трех или большего количества движений (обработка сложнопрофильных поверхностей по копиру или на станке с программным управлением).

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Сколько существует классов технологических процессов по характеру ориентации изделий и по необходимости обеспечения строгой кинематической связи движений заготовки?
2. Охарактеризовать классы технологических процессов.
3. Чем достигается повышение производительности машин дискретного действия?
4. Охарактеризовать схему конвейерного протягивания.
5. Как рассчитывается производительность роторного станка (шт./мин)?

### **Тема 7. Влияние структуры операции на производительность**

#### *Ключевые вопросы темы:*

1. Механизм влияния структуры операции на производительность.
2. Критерии минимума технологической себестоимости обработки детали.

*Ключевые понятия:* элементарный переход, инструментальный переход, структуры операций при одновременной обработке многих деталей, цикловая производительность автоматической обработки детали.

*Литература:* [7, с. 24–36].

#### *Методические рекомендации*

Анализ производительности операций различных структур обязательно должен предшествовать окончательному выбору того или иного варианта технологического процесса. При этом особое внимание должно быть уделено возможности совмещения не только элементарных и инструментальных переходов, но и вспомогательных (траектория движения инструмента, не связанная с образованием элементарных поверхностей) с основными, а также сокращения времени на холостые ходы инструментов. При обработке деталей на многооперационных станках необходимо, чтобы продолжительность операций на каждой позиции была одинаковой и минимальной. Производительность обработки определяется по времени выполнения лимитирующего перехода, т. е. в котором продолжительность операции является наибольшей.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как в автоматизации определяется оптимальное число позиций (операций)?

2. Отличие элементарного от инструментального перехода.
3. В чем заключается критерий минимума технологической себестоимости обработки детали?
4. Чему предшествует анализ производительности операций различных структур?

## **Тема 8. Этапы и методологические особенности проектирования автоматизированного технологического процесса**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Этапы проектирования автоматизированного технологического процесса.
2. Методологические особенности проектирования автоматизированного технологического процесса.

*Ключевые понятия:* проектирование автоматизированного технологического процесса, системы автоматического управления, поднастройки и регулирования процесса обработки.

### *Методические рекомендации*

Автоматизированный технологический процесс проектируется в несколько стадий. На каждой стадии оценивается эффективность различных вариантов выполнения операций путем сравнения их по определенной методике. Обычно критерием эффективности принимается себестоимость или производительность технологического процесса.

На первой стадии выбираются методы обработки и составляется план, дается технико-экономическое обоснование принятого варианта технологического процесса. На последующих стадиях определяется содержание отдельных операций, межоперационные припуски и допуски, тип инструментов, режимы обработки и другие параметры технологического процесса. Далее разрабатывается принципиальная схема конструкций специальных приспособлений, транспортных и загрузочных устройств, а также вспомогательных приспособлений (блоки инструментов, многолезцовые державки, быстросменные патроны и др.).

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Стадии автоматизированного технологического процесса.
2. В каких случаях для автоматизации применяются приспособления-спутники.
3. Что входит в проектирование операций, выполняемых автоматически?
4. Какие типовые конструкторско-технологические решения автоматизации различных видов машиностроительного производства существуют?

## Тема 9. Принципы построения автоматизированных технологических процессов в машиностроении

### *Ключевые вопросы темы*

1. Принципы дифференциации технологического процесса в машиностроении.
2. Типизация технологических процессов и групповая обработка подобных однородных деталей.

*Ключевые понятия:* оптимальное количество инструментов в наладке, типизация технологических процессов, метод групповой обработки деталей, автоматизированные системы проектирования технологических процессов.

*Литература:* [5, с. 11–21].

### *Методические рекомендации*

При проектировании АТП важно правильно сочетать принципы дифференциации технологического процесса и концентрации операций, обеспечивающих максимальную производительность.

Концентрация операций автоматизированного технологического процесса осуществляется путем применения:

- сложного комбинированного инструмента (фасонных токарных резцов, ступенчатых сверл, зенкеров и разверток, фасонных фрез, сложных протяжек, профильных шлифовальных кругов и т. д.);
- наборного инструмента (набора резцов в одной державке, набора сверл, зенкеров, разверток и метчиков в многошпиндельной головке, набора фрез, шлифовальных кругов и т. д.);
- многоинструментальных (агрегатных), многопозиционных и специальных станков.

Степень концентрации операций при обработке деталей на автоматах и автоматических линиях может быть очень высокой. Однако если совмещение переходов во времени влечет за собой значительное увеличение числа инструментов в наладке, то эффективность высокой концентрации операций снижается, ибо чрезмерное увеличение числа инструментов связано с неизбежным увеличением затрат времени на регулировку и поднастройку инструментов. В результате чего производительность труда не возрастает, а снижается.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Чем осуществляется концентрация операций автоматизированного технологического процесса?
2. Как определяется оптимальное количество инструментов в наладке?
3. Что необходимо предусматривать для обработки среднегабаритных и мелких деталей по методу высокой концентрации операций?
4. Дайте определение типизации технологических процессов.

## **Тема 10. Компоновка операций и технологического оборудования при автоматизации технологических процессов. Последовательное, параллельное и смешанное агрегатирование**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Компоновка операций и технологического оборудования при автоматизации технологических процессов.
2. Последовательное, параллельное и смешанное агрегатирование.

*Ключевые понятия:* станки с ручным управлением, многопозиционная обработка, последовательная обработка, роторные автоматические линии.

*Литература:* [4, с. 36–46].

### *Методические рекомендации*

Многопозиционная обработка бывает последовательной, параллельной и параллельно-последовательной. Для осуществления последовательной обработки на станке или автоматической линии предусматривается несколько стационарных рабочих позиций, расположенных в порядке выполнения технологического процесса. При прохождении обрабатываемой детали по позициям, на каждой из них последовательно выполняется часть процесса. Причем эти части должны быть приблизительно одинаковой продолжительности. Рабочие позиции в малом или сравнительно большом количестве целесообразно располагать в линию. Среднее количество позиций размещают по окружности.

Для обработки несложных деталей более подходят простые по конструкции станки параллельного действия, в которых на всех позициях одновременно или со сдвигом по времени выполняется одна и та же операция. Позиции могут быть стационарными, по такой схеме устроены, например, многошпиндельные фасонно-отрезные автоматы, имеющие на каждой позиции отдельный механизм подачи и зажима обрабатываемого материала.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое станки с ручным управлением?
2. Виды многопозиционной обработки детали.
3. Охарактеризовать многопоточную автоматическую линию с линейным расположением позиций, предназначенных для выполнения «q» операций в «р» параллельных потоках.
4. Что такое автоматическая линия обработки деталей?

## **Тема 11. Особенности инструмента и приспособлений, применяемых в автоматизированном производстве. Инструментальная оснастка автоматических линий**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Особенности инструмента и приспособлений, применяемых в автома-

тизированном производстве.

## 2. Инструментальная оснастка автоматических линий.

*Ключевые понятия:* инструментальная оснастка для станков с ЧПУ, станки токарной группы с ПУ, многооперационные станки.

*Литература:* [7, с. 76–85].

### *Методические рекомендации*

Снижению простоев линии способствуют следующие мероприятия: применение быстросменных инструментальных наладок, принудительная смена инструментов, настройка их на размер вне станков, обеспечение простоты и удобства наладки на станке и вне станка, использование устройств, контролирующих целостность инструментов.

Как известно, своевременная смена инструментов – необходимое условие эффективной работы металлорежущего оборудования. Чрезмерное затупление инструментов ведет на черновых операциях к их выкрашиванию и поломкам, а на чистовых – к браку. Менять их при слишком малом износе не следует, так как это повысит их расход и приведет к частным остановкам линии. Поэтому производится принудительная смена инструментов, т. е. смена после обработки определенного количества деталей.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что понимают под инструментальной оснасткой для станков с ЧПУ?
2. Чем должен обладать режущий инструмент для ЧПУ?
3. Что должен обеспечивать вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ?
4. Какие резцы применяются для ПУ?
5. Охарактеризовать специфику приспособлений на агрегатных станках для закрепления режущих инструментов.

## **Тема 12. Назначение загрузочных устройств. Классификация загрузочных устройств**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Назначение загрузочных устройств.
2. Классификация загрузочных устройств.

*Ключевые понятия:* автоматизация загрузки заготовок и автоматизация разгрузки (съема) обработанных деталей, блок-схема загрузочного устройства для штучных заготовок.

*Литература:* [4, с. 13–36].

### *Методические рекомендации*

Одной из основных проблем при автоматизации металлорежущих станков является автоматизация загрузки заготовок и разгрузки (съема) обработанных деталей, а при создании автоматических линий, кроме того, и автоматизация транспортных перемещений между станками. Это вызвано разнообразием операций, разнообразием форм и размеров заготовок. Иногда конструкция заготовок такова, что автоматизировать загрузку невозможно.

Автоматизация загрузки и разгрузки оборудования позволяет изменить процесс труда, повысить безопасность работы, увеличить коэффициент использования оборудования. А в некоторых случаях интенсифицировать режим работы оборудования, полуавтоматические станки и станки с ручным управлением можно превратить в автоматы, снизив тем самым штучное время, широко использовать многостаночное оборудование. Автоматически действующие загрузочные устройства в основном применяются в серийном и массовом производствах.

Загрузочные устройства могут быть разделены на два класса: для штучных заготовок и сортового материала (прутки, трубы, листы). Устройства для сортового материала являются узлами металлорежущих станков.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как классифицируются автоматические загрузочные устройства для штучных заготовок?
2. Какие узлы имеют загрузочные устройства?
3. Какие типы загрузочных устройств бывают?
4. Из каких ключевых компонентов состоит блок-схема загрузочного устройства.

## **Тема 13. Трудоемкость сборки и особенности ее автоматизации. Переходы сборочных процессов**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Трудоемкость сборки и особенности ее автоматизации.
2. Проблемные вопросы в области автоматизации сборочных процессов.
3. Переходы сборочных процессов.

*Ключевые понятия:* научные основы автоматизации сборочных процессов, правило шести точек, теория размерных цепей, процесс перехода от ручной сборки к автоматической.

*Литература:* [7, с. 33–52].

### *Методические рекомендации*

Слабая механизация и автоматизация сборочных процессов в машиностроении объясняются недостаточной технологичностью собираемых изделий, отсутствием типовых устройств для автоматизации сборки, нестабильностью размеров собираемых деталей. Необходимо учитывать, что хорошо собираемая

конструкция машины при ручной сборке может оказаться непригодной для ее перевода на автоматическую сборку. Внедрению автоматической сборки препятствует также отсутствие единой научно обоснованной методики по проектированию техпроцессов автоматической сборки узлов и машин и незначительное количество практически внедренных автоматизированных сборочных процессов. Большим препятствием для проведения работ по автоматизации процессов сборки является необходимость проектирования специальной оснастки и ее изготовления для каждого завода. Это приводит к большой трудоемкости изготовления автоматизированных сборочных устройств и обходится дорого.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. В чем заключается разработка научных основ автоматизации сборочных процессов?
2. Охарактеризовать технологический процесс автоматической сборки технологических переходов.
3. Как осуществляется базирование деталей на сборочных позициях?
4. Какой затруднительный фактор оказывает влияние на трудность при автоматизации сборочных процессов?

### **Тема 14. Проблема стружкодробления в автоматизированном производстве и удаления стружки из рабочей зоны технологического оборудования**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Проблема стружкодробления в автоматизированном производстве.
2. Удаления стружки из рабочей зоны технологического оборудования.

*Ключевые понятия:* типы стружки, метод дробления стружки, гидравлический способ.

*Литература:* [3, с. 48–66].

#### *Методические рекомендации*

В настоящее время применение скоростных режимов резания, использование станков-автоматов и автоматических линий значительно увеличило количество стружки, снимаемой в единицу времени. Поэтому при проектировании станков, особенно станков-автоматов и автоматических линий, необходимо уделять большое внимание вопросам удаления стружки. В ряде случаев трудности удаления стружки приводят к длительным простоям станков или делают их вообще неработоспособными, так как стружка забивает зону резания.

Наибольшую трудность для транспортирования представляет непрерывная стружка, поэтому применяют различные методы для ее дробления на элементы.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризовать гравитационный способ удаления стружки.
2. Охарактеризовать гидравлический способ удаления стружки.
3. Охарактеризовать пневматический отсос стружки.
4. Охарактеризовать сдувание стружки струей сжатого воздуха.

## **Тема 15. Автоматизация контроля. Система управляющего контроля**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Особенности комплексной автоматизации технологических процессов в машиностроении.
2. Схемы плоского шлифования с активным контролем: косвенный и прямой метод измерения.
3. Система управляющего контроля.

*Ключевые понятия:* пассивный контроль автоматизации, активный контроль автоматизации, прямой и косвенный метод измерения контроля автоматизации.

*Литература:* [7, с. 52–71].

### *Методические рекомендации*

Автоматизация контроля является одним из наиболее сложных вопросов комплексной автоматизации технологических процессов. Она осуществляется по двум принципиально различным направлениям: путем автоматизации послеоперационного (пассивного) контроля и технологического (активного) контроля. Второе направление – направленное на активизацию контроля – является наиболее прогрессивным и перспективным направлением, поскольку качество продукции обеспечивается самим технологическим процессом.

При пассивном контроле контрольные устройства фиксируют размеры деталей или сортируют их по размерам, не оказывая воздействия на ход технологического процесса.

Примером могут служить контрольно-сортировочные автоматы, которые будут рассмотрены далее в этой теме. Устройства оказывают воздействие на ход технологического процесса, т. е. активно вмешиваются в технологический процесс. Эти системы относятся к замкнутым системам автоматизации, т. е. к системам с обратной связью.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Пассивный и активный контроль комплексной автоматизации.
2. Средства активного контроля автоматического регулирования режимов резания обработки.
3. Приведите примеры системы управляющего контроля.
4. Описать схему управляющего активного контроля при автоматизации.

## **Тема 16. Контрольно-сортировочные автоматы**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Контрольно-сортировочные устройства с транспортирующим узлом.
2. Сортировочный автомат с транспортирующим устройством непрерывного действия.

*Ключевые понятия:* автоматическая сортировка, функция транспортирующего устройства, контрольно-сортировочные автоматы, транспортирующие устройства контрольно-сортировочных автоматов.

*Литература:* [1, с. 34–52].

### *Методические рекомендации*

Контрольно-сортировочные автоматы относятся к разомкнутым автоматическим системам. Они контролируют обработанные детали. Контрольно-сортировочные автоматы получили наибольшее распространение в массовом производстве (в подшипниковой, частично в автомобильной и тракторной промышленности). Автоматическая сортировка нужна: при разбраковке на годные детали и брак и при сортировке на размерные группы, т. е. при селективной сборке.

Контрольно-сортировочные автоматы осуществляют автоматический прием, ориентирование, транспортирование, контроль и сортировку деталей. Поэтому они содержат: загрузочное устройство, транспортирующее устройство, измерительный узел, фиксирующее устройство и сортирующее устройство.

Загрузочные устройства контрольно-сортировочных автоматов аналогичны загрузочным устройствам металлорежущих станков. Основная функция транспортирующего устройства – это осуществление перемещения детали внутри автомата с подачей на измерительную индикацию и далее к сортирующему устройству.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризовать схему контрольно-сортировочного устройства с транспортирующим узлом.
2. Охарактеризовать схему сортировочного автомата с транспортирующим устройством непрерывного действия.
3. Охарактеризовать схему сортирующего устройства с поднимающимися заслонками.

## **Тема 17. Комплексная автоматизация серийного производства**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Характеристика гибкого производственного модуля.
2. Характеристика гибкого автоматизированного участка.
3. Схема гибкого автоматизированного участка с двумя модулями и еди-

ным автоматизированным загрузочным устройством смены паллет и инструмента.

*Ключевые понятия:* свойство быстрой переналадки, промышленный робот, автоматизированного загрузочного устройства, характеристики ГПМ, «многооперационный» ЧПУ, гибкий автоматизированный участок, многошпиндельные головки.

*Литература:* [2, с. 12–24].

#### *Методические рекомендации*

В основу системы ГПС входят станок с ЧПУ. Загрузка и разгрузка его производится с помощью промышленного робота или автоматизированного загрузочного устройства (АЗУ). Смена инструмента осуществляется из магазина инструментов или револьверной головки. ГПМ обладает способностью подключения к центральной транспортно-накопительной системе, системе инструментального обеспечения и управляющим устройствам высшего ранга.

Основные характеристики ГПМ: способность работать ограниченное время (3–12 ч) без непосредственного участия оператора, автоматическое выполнение операций, легкость наладки, устранение простоев и введение изменений в управление, легкость встраивания в существующие производства и в ГПС более высокого уровня.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Схема ГПМ.
2. Схема ГПМ со стендовым накопителем веерного типа.
3. Строение гибкого автоматизированного участка (ГАУ).
4. Схема ГПМ с промышленным роботом и транспортером накопителем.
5. Гибкий автоматизированный участок с двумя модулями и единым автоматизированным загрузочным устройством смены паллет и инструмента.

### **Тема 18. Описание работы технологических комплексов с помощью циклограмм. Методика построения циклограммы функционирования роботизированного технологического комплекса**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Описание работы автоматизирующих устройств с помощью циклограмм
2. Механизм построения циклограммы функционирования роботизированного технологического комплекса.
3. Расчет времени элементов цикла работы РТК.

*Ключевые понятия:* циклограмма, механизмы рабочих и холостых ходов, последовательность работы автооператора, обслуживающего два параллельно работающих станка, построение циклограммы функционирования РТК.

*Литература:* [6, с. 22–40].

### *Методические рекомендации*

Циклограмма последовательности работы механизмов и узлов оборудования, входящего в состав технологического комплекса, является практически алгоритмом его работы и служит исходной информацией для создания систем управления всем участком. Главная особенность циклограмм последовательности состоит в том, что она не временная, а потактовая. Каждый такт циклограммы отражает новое наложение механизмов автоматической системы, при этом соблюдается строгая последовательность их срабатывания от такта к такту. Целью построения циклограмм является сокращение рабочего цикла путем максимального совмещения времени рабочих  $t_p$  и холостых  $t_x$  ходов основного и вспомогательного оборудования автоматизированной технологической системы. С помощью циклограммы можно координировать работу как отдельных узлов и механизмов станка или вспомогательного оборудования, так и совокупности станков и вспомогательного оборудования автоматизированной системы.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Как осуществляется подача и закрепление заготовок в станках?
2. Чем обеспечивается механизация установочных и размерных перемещений рабочих органов станка?
3. Чем отличаются промышленные роботы от автооператоров?
4. Преимущества и недостатки транспортных роботов.
5. Какие условия учитываются при выборе промышленных роботов?
6. В чем заключается методика построения циклограмм функционирования роботов и роботизированных комплексов?
7. Как определяется время выполнения каждого движения исполнительных устройств автоматизированных механизмов?
8. Из каких элементов состоит типовой алгоритм управления однопозиционным робототехническим комплексом?
9. Какие механизмы участвуют в формировании заданного цикла робототехнического комплекса?

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

Практические занятия проводятся с целью приобретения студентами навыков проектирования и расчета средств технологического оснащения автоматизированного производства в машиностроении.

Практические занятия по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» 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, 2	Изучение комплекса стандартов на автоматизированные системы
3, 4	Расчет уровня автоматизации гибкого производственного модуля
5, 6	Исследование эффективности автоматической сборки деталей с использованием промышленных роботов
7, 8	Изучение алгоритма работы и управления ГПС механообработки
9, 10	Оценка надежности автоматизированных систем
11, 12	Специфика программного управления станками; системы управляемых координат и преимущества ЧПУ
13, 14	Анализ структурных компоновок автоматизированных технологических комплексов
15, 16	Изучение структуры ГПС и основных расчетных зависимостей
17, 18	Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС

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 ответить 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 «Изучение комплекса стандартов на автоматизированные системы»**

*Цель занятия* – получить знания в области стандартизации автоматизированных систем.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить основные стадии и этапы создания автоматизированных систем.
2. Изучить основные компоненты автоматизированных систем.
3. Изучить свойства и показатели автоматизированных систем.
4. Элементы технического, программного и информационного обеспечения автоматизированной системы.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое автоматизированные системы управления технологическими процессами?
2. Перечислить этапы создания автоматизированной системы?
3. Охарактеризовать основные компоненты автоматизированных систем?
4. Что входит в понятие интегрированная автоматизированная система?

## **2.2 Практическое занятие на тему «Расчет уровня автоматизации гибкого производственного модуля»**

*Цель занятия* – получить знания в области расчета уровня автоматизации гибкого производственного модуля.

*Задание на практическое занятие*

1. Приобрести навыки для определения функций работы технологического оборудования (ТО) средствами автоматизации.
2. Изучить работу гибкого производственного модуля (ГПМ) и всех средств автоматизации технологического оборудования.
3. Определить уровень автоматизации и его значение для ГПМ.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Дать определение понятию рабочая степень автоматизации, привести формулу расчета.
2. Что такое эксплуатационная степень автоматизации, привести формулы расчета.
3. Как производится комплексная оценка автоматизации станков?
4. Механизм построения графика уровней автоматизации по функциям для универсального станка.

### **2.3 Практическое занятие на тему «Исследование эффективности автоматической сборки деталей с использованием промышленных роботов»**

*Цель занятия* – изучение сборки деталей с использованием промышленных роботов.

#### *Задание на практическое занятие*

1. Изучить основные понятия и определения (классификация ПР, системы управления ПР, сущность агрегатно-модульного принципа конструирования ПР).
2. Изучить процесс сборки деталей с использованием промышленных роботов.
3. Произвести оценку эффективности автоматической сборки деталей с использованием ПР.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризовать процесс автоматической сборки с применением промышленных роботов.
2. Привести технические характеристики робота ПР5-2Э.
3. Назначение и структура микроконтроллера МКП-1.
4. Привести примеры циклограмм работы промышленного робота.

### **2.4 Практическое занятие на тему «Изучение алгоритма работы и управления ГПС механообработки»**

*Цель занятия* – приобретение навыков для определения функций работы гибкого производственного комплекса механообработки со средствами автоматизации.

#### *Задание на практическое занятие*

1. Изучить задачи автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП).
2. Изучить работу гибкого автоматизированного участка (ГАУ) и всех средств автоматизации комплекса.
3. Построить алгоритм функционирования гибкого автоматизированного участка.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Перечислить основные функции автоматизированной системы управления (АСУ).
2. Задачи, решаемые АСУ гибкой производственной системы (ГПС).
3. Задачи автоматизированной системы технологической подготовки производства.
4. Что должна обеспечивать система управления автоматизированной транспортно-складской системы?

5. Принцип работы гибкого автоматизированного участка, с подвесной транспортной системой.

## **2.5 Практическое занятие на тему «Оценка надежности автоматизированных систем»**

*Цель занятия* – приобретение навыков оценки функциональной  $R_f$  и эффективной  $R_e$  надежности автоматизированных систем.

*Задание на практическое занятие*

1. Ознакомиться с концепцией оценки надежности сложных автоматизированных систем.
2. Ознакомиться с оценкой функциональной надежности системы.
3. Рассчитать функциональную и эффективную надежность системы.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Дать определение эффективной надежности  $R_e$ .
2. Дать определение функциональной надежности  $R_f$ .

## **2.6 Практическое занятие на тему «Специфика программного управления станками; системы управляемых координат и преимущества ЧПУ»**

*Цель занятия* – приобретение знаний о программном управлении станками.

*Задание на практическое занятие*

1. Рассмотреть разновидности пультов систем управления.
2. Изучить схемы расположения координатных осей на многооперационных станках с ЧПУ.
3. Изучить металлорежущие станки с ЧПУ.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Привести примеры расположения управляемых координатных осей на токарных станках с ЧПУ.
2. Характерные особенности для универсальных систем ЧПУ.
3. Требования к технологическим возможностям при обработке корпусных деталей на многоцелевых станках.

## **2.7 Практическое занятие на тему «Анализ структурных компоновок автоматизированных технологических комплексов»**

*Цель занятия* – приобретение и/или развитие компетенций, необходимых для участия в мероприятиях по подготовке информации для оценки альтернативных вариантов структурных компоновок автоматизированных линий (АЛ) с целью выбора оптимального варианта.

*Задание на практическое занятие*

1. Расчет неполных приведенных затрат для оценки экономической эффективности реализации вариантов компоновок АЛ.
2. Оценка вариантов компоновок автоматизированного технологического комплекса.
3. Оценка альтернативных компоновок АТК.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Каковы цели анализа структурных компоновок автоматизированного технологического комплекса (АТК)?
2. Каким требованиям должен соответствовать АТК в любом из вариантов компоновки?
3. Какие факторы учитывают на стадии предварительного проектирования вариантов компоновки АТК?
4. В чем специфика расчета экономической эффективности АТК методом неполных приведенных затрат?

**2.8 Практическое занятие на тему «Изучение структуры ГПС и основных расчетных зависимостей»**

*Цель занятия* – изучение структуры ГПС и проведение расчета ее основных технико-экономических показателей. Индивидуальные данные для расчета выдаются преподавателем.

*Задание на практическое занятие*

1. Изучить структуру ГПС.
2. Произвести расчет основных технико-экономических показателей ГПС.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Чем определяется организационно-технический уровень ГПС?
2. Как определяется количество основного технологического оборудования?
3. Чем определяется вместимость склада-накопителя?
4. Как определяется коэффициент простоя оборудования в ожидании обслуживания.

**2.9 Практическое занятие на тему «Определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС»**

*Цель занятия* – определение структуры и состава автоматизированной транспортно-складской системы ГПС.

*Задание на практическое занятие*

1. Определение характеристик стеллажа-накопителя.

2. Расчет числа позиций загрузки и разгрузки.
3. Расчет числа позиций контроля.
4. Спроектировать предварительную компоновочную схему ГПС.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Какие существуют варианты построения АТСС?
2. Как рассчитывается максимальное число деталиустановок различных наименований?
3. Как рассчитывается необходимое число позиций загрузки и разгрузки на участке подготовки производства?

### **3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Лабораторные работы проводятся с целью приобретения студентами навыков проектирования оптимальной структурно-компоновочной схемы автоматизированной линии, обеспечивающей достижение требуемой производительности выпуска деталей при минимальных приведенных затратах, а также разработки схем автоматизации станков, встроенных в неё.

Лабораторные работы по дисциплине «Автоматизация производственных процессов в машиностроении» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к лабораторным работам 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 лабораторных работ представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ЛР

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
1, 2, 3	Исследование работоспособности автоматической системы в динамическом режиме методом построения характеристик
4, 5, 6	Исследование влияния способа базирования деталей типа «Вал-штулка» при автоматической сборке на их собираемость
7, 8, 9	Принцип действия устройства микроконтроллера МКП-1 для управления станками с ЧПУ. Программирование работы микроконтроллера
10, 11, 12	Автоматизация подачи ленточного материала при листовой штамповке»

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия
13, 14, 15	Изучение работы робототехнологического комплекса листовой штамповки
16, 17, 18	Определение режимов обработки и технически обоснованных норм времени

**Лабораторная работа на тему «Исследование работоспособности автоматической системы в динамическом режиме методом построения характеристик»**

*Цель работы* – получение практических навыков построения частотных характеристик систем и оценки их динамических свойств.

*Задание для выполнения лабораторной работы*

1. Ознакомиться с описанием лабораторной установки и методикой измерений.
2. Ознакомиться с графиками амплитуд и разности фаз входного и выходного сигналов.
3. Проанализировать графики и сформулировать выводы о точности, быстродействии и устойчивости исследуемого объекта.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Для каких целей строят частотные характеристики автоматических систем?
2. Что представляет собой и для чего используется фазовая частотная характеристика?
3. Что представляет собой и для чего используется амплитудная частотная характеристика?
4. Что представляет собой и для чего используется амплитудно-фазовая частотная характеристика?
5. Как производят оценку устойчивости автоматических систем с использованием частотных характеристик?

**Лабораторная работа на тему «Исследование влияния способа базирования деталей типа «Вал–втулка» при автоматической сборке на их собираемость»**

*Цель работы* – получение практических навыков расчета и экспериментальной оценки влияния способа базирования на собираемость деталей типа «вал–втулка» при автоматической сборке.

*Задание для выполнения лабораторной работы*

1. Начертить в отчете четыре схемы базирования (установки) сопрягае-

мых деталей и составить необходимые размерные цепи.

2. Рассчитать величину отклонений от соосности собираемых деталей для выполненных схем базирования.

3. Оценить возможность обеспечения условия собираемости сопрягаемых деталей при отсутствии фасок на них.

4. Определить минимальный размер фасок на сопрягаемых деталях.

5. Оценить возможность обеспечения условия собираемости сопрягаемых деталей при наличии на них фасок.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие методы автоматической сборки Вы можете назвать?

2. Как влияет наличие фасок и скосов на сопрягаемых поверхностях на собираемость деталей? Как определяют необходимый размер фаски (приведите формулу)?

3. Какие схемы базирования сопрягаемых деталей реализуются на лабораторном стенде – сборочном автомате?

4. Приведите схемы вариантов задач, решаемых при сопряжении деталей по цилиндрическим поверхностям.

5. Напишите в общем виде условия собираемости при сборке цилиндрического вала с втулкой.

6. Опишите конструкцию лабораторного стенда – сборочного автомата.

### **Лабораторная работа на тему «Принцип действия устройства микроконтроллера МКП-1 для управления станками с ЧПУ. Программирование работы микроконтроллера»**

*Цель работы* – изучение устройства и освоение методики программирования микроконтроллера МКП-1, входящего в состав промышленного робота ЦПР-1П.

#### *Задание для выполнения лабораторной работы*

Используя образец промышленного робота ЦПР-1П (в состав которого входит микроконтроллер МКП-1) и приведённое выше описание оборудования, изучите устройство микроконтроллера, принцип его работы, органы управления и методику программирования.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие модули входят в состав микроконтроллера?

2. Опишите взаимодействие функциональных модулей в различных режимах работы микроконтроллера.

3. Каково назначение команд: ввода-вывода, управления программой, управления счетчиками?

4. Какова структура памяти ЭНЗУ?

5. Запишите какое-либо число в шестнадцатеричном, двоичном и десятичном кодах.

6. Объясните действие какой-либо команды вашей программы.

## **Лабораторная работа на тему «Автоматизация подачи ленточного материала при листовой штамповке»»**

*Цель работы* – ознакомиться с основными типами автоматических подач для ленточного и полосового материала, используемых в операциях листовой штамповки, а также изучить конструкцию и работу автоматической подачи пресса-автомата ВРА-75.

### *Задание для выполнения лабораторной работы*

1. Изучить основные типы подач, применяемых при штамповке из непрерывной заготовки.
2. Изучить конструкцию и принцип работы роliko-клиновой и клещевой подач.
3. Отштамповать на прессе партию деталей с различным шагом подачи.
4. Ознакомиться с алгоритмом построения зависимости шага подачи от величины эксцентриситета; построить зависимость точности подачи от шага подачи и скорости работы пресса (только для студентов дневного отделения).

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Структурная схема системы автоматизации подачи заготовок.
2. Схема крючковой подачи.
3. Валковые подачи с механическим приводом.
4. Клиновая и клещевая подачи.

## **Лабораторная работа на тему «Изучение работы робототехнологического комплекса листовой штамповки»»**

*Цель работы* – изучение состава и работы робототехнического комплекса (РТК) на основе промышленного робота ПМР-0,5-200КВ.

### *Задание для выполнения лабораторной работы*

1. Ознакомиться с особенностями применения промышленных роботов и оборудованием, входящим в состав роботизированного листоштамповочного комплекса.
2. Изучить кинематическую схему манипулятора промышленного робота ПМР-0,5-200КВ.
3. Составить алгоритм работы РТК (в соответствии с заданием преподавателя).
4. Построить циклограмму работы комплекса.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Объяснить принцип позиционирования в цикловых работах.
2. Изобразить графически укрупненную схему цикловых систем управления и указать функциональное назначение блоков.

3. Назвать виды программоносителей и методы записи программ и цикловых системах управления.

4. Объяснить функциональное назначение следующих команд в системе ЭЦПУ-6030: ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМАНДА, ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ, ПРОПУСК, ПЕРЕХОД, ОСТАНОВ, КОНЕЦ ПРОГРАММЫ.

5. Объяснить функциональные возможности системы ЭЦПУ-6030 в режимах: РУЧНОЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.

6. Что такое работа по путевому принципу?

7. Что такое работа по временному принципу?

8. Объяснить функциональное назначение обратной связи в цикловых системах управления.

9. В каких технологических процессах допускается применение цикловых роботов.

10. Для чего нужна и как строится циклограмма?

### **Лабораторная работа на тему «Определение режимов обработки и технически обоснованных норм времени»**

*Цель работы* – определить режимы обработки поверхностей детали, обеспечивающие синхронизацию выполнения технологических переходов в рабочих позициях АЛ.

#### *Задание для выполнения лабораторной работы*

1. При заданной глубине резания  $t = 2...2,5$  мм определить подачу, скорость резания на каждой рабочей позиции АЛ, а затем частоту вращения шпинделя станка.

2. Рассчитать основное время  $T_0$  на всех рабочих позициях АЛ.

3. Рассчитать вспомогательное время  $T_{в}$  на всех рабочих позициях АЛ.

4. Определить цикловое время  $T_{ц}$  на всех рабочих позициях АЛ.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Чем цикловое время отличается от штучного времени?

2. Назовите пути сокращения циклового времени.

3. Как вычисляется цикловое время при последовательной структуре операций и переходов?

4. Как вычисляется цикловое время при параллельной структуре операций и переходов?

5. Как вычисляется цикловое время при последовательно-параллельной структуре операций и переходов?

#### **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПИСАНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Тест контрольной работы оформляется в виде рукописи в печатном виде с использованием компьютера в редакторе Word (.docx). Параметры страницы: – размер полей: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее и нижнее – по 20 мм; – ориентация: книжная; таблицы, иллюстрации, приложения при необходимости могут быть выполнены в альбомной ориентации (поля альбомной ориентации: левое и правое – по 20 мм, верхнее – 30 мм, нижнее – 15 мм); формат: А4 (210×297 мм).

Шрифт: «Times New Roman»; начертание символов – обычное; размер шрифта – 14; в таблицах, иллюстрациях, нумерация страниц размер шрифта – 12 (в исключительных случаях в таблицах, иллюстрациях допускается использовать размер шрифта 10); для примечаний и сносок размер шрифта – 10; цвет текста – черный (Авто); без подчеркивания. Объем страниц должен составлять 25–35 страниц машинописного текста.

Требования к начертанию символов при оформлении заголовков, таблиц, иллюстраций, формул указаны далее в соответствующих подразделах настоящего документа. Межстрочный интервал: в тексте – полуторный; в таблицах, иллюстрациях, формулах, примечаниях и сносках – одинарный. Выравнивание текста и абзацный отступ: выравнивание текста – по ширине; абзацный отступ – 12,5 мм; абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту.

Требования к выравниванию и наличию абзацных отступов при оформлении заголовков, таблиц, иллюстраций, формул указаны далее в соответствующих подразделах настоящего документа. Нумерация страниц: положение – внизу страницы, выравнивание – по центру, формат номера – арабские цифры, без точки (1, 2, 3, ...). Нумерация начинается с титульного листа, но номер страницы на нем не ставится.

##### Примерный перечень вопросов для написания контрольной работы:

1. Требования к производству. CALS-технологии. ERP и MES-системы.
2. Автоматизация второго уровня. Автоматические линии, гибкие производственные системы (ГПС).
3. Технологические основы автоматизации производства.
4. Оптимизация процессов. Математическое и имитационное моделирование. Функциональные схемы автоматизации. Система обеспечения функционирования (СОФ), АТСС, АСИ. По организационным признакам комплексной автоматизации механообработки производства. Структура интегрированной автоматизации производства, ее подсистемы. Гибкие технологические комплексы.
5. Циклограмма работы ГПС. Система автоматизированного проектирования ТП в интегрированном производстве.
6. Модель структуры и содержания технологического процесса. Иерархия процесса проектирования.
7. Математическое моделирование. Виды математических моделей. Ме-

тодики автоматизированного проектирования ТП. Метод прямого проектирования. Метод анализа. Метод автоматического синтеза. Классификация моделей. Формальная классификация моделей. Классификация по способу представления объекта. Содержательные и формальные модели. Содержательная классификация моделей. Гипотеза. Феноменологическая модель. Приближение.

8. Упрощение. Эвристическая модель. Аналогия. Мысленный эксперимент. Демонстрация возможности.

9. Гибкие автоматизированные производства. Иерархическое представление ГАП. Организационно-технологическая структура ГАП. Основные принципы построения ГАП и его функциональных модулей. ГПС для механической обработки деталей. Гибкие автоматические линии.

10. Гибкие производственные модули. Структура управления ГАП. Организация управления в ГАП. Особенности организации и управления ГПС.

11. Требования к производству. CALS-технологии. ERP и MES-системы. Автоматизация.

12. Циклические, рефлекторные и самонастраивающиеся автоматические машины.

13. Гибкие производственные системы, их структура и особенности.

14. Автоматизированная транспортно-складская система – назначение, особенности, основные характеристики.

15. Классификация промышленных роботов.

16. Транспортные роботы и особенности их применения.

17. Структурная схема промышленного робота.

18. Технические характеристики промышленных роботов и их выбор.

19. Временные связи в автоматизированном производстве. Цель и задачи построения временных связей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Князева, Н. Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. пособие / Н. Ю. Князева, А. Ю. Овчинников. – Саранск: МГУ им. Н. П. Огарева, 2020. – 132 с. – ISBN 978-5-7103-4012-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/204566>.

2. Мерданов, Ш. М. Технология машиностроения: учеб. / Ш. М. Мерданов, В. В. Шефер. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. – 354 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/46683>.

3. Зубарев, Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Проектирование и разработка технологических процессов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев, В. Г. Юрьев. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 312 с. – ISBN 978-5-8114-9826-0. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/199496>.

4. Типовые технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие /

А. Р. Гадельшин, П. Ю. Григорьев, Е. М. Кузьмина, В. А. Лашин. – Рязань: РГРТУ, 2017. – 48 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168116>.

5. Зубарев, Ю. М. Технология автоматизированного машиностроения. Моделирование процесса выбора баз при автоматизированном проектировании технологических процессов / Ю. М. Зубарев, А. В. Приемышев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. – 100 с. – ISBN 978-5-507-48324-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/346475>.

6. Системы автоматизированного проектирования: моделирование в машиностроении: учеб. пособие / составители М. В. Овечкин, В. Н. Шерстобитова. – Оренбург: ОГУ, 2016. – 103 с. – ISBN 978-5-7410-1553-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/110596> (дата обращения: 31.08.2023).

7. Романов, П. С. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. Исследование автоматизированных производственных систем. Лабораторный практикум: учеб. пособие / П. С. Романов, И. П. Романова; под общей редакцией П. С. Романова. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-8114-3607-1. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206636> (дата обращения: 31.08.2023).

Локальный электронный методический материал

Нина Анатольевна Фролова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В  
МАШИНОСТРОЕНИИ

Редактор С. Кондрашова

Уч.-изд. л. 3,1. Печ. л. 2,4.

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