

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.» в г. Петровске

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала СГТУ  
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске  
Е.А.Бесшапошникова  
«30» июня 2023 г.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине  
ОП.09 «Основы мехатроники»

специальности  
15.02.09 «Аддитивные технологии»

Методические указания рассмотрены  
на заседании ПЦК  
общепрофессиональных дисциплин,  
профессиональных модулей специальностей  
технического профиля  
«14» июня 2023 года, протокол №12

Председатель ПЦК  /Т.А. Лескина/

Петровск 2023

## **Пояснительная записка**

Методические указания по выполнению лабораторных работ подготовлены на основе рабочей программы учебной дисциплины ОП.09 «Основы мехатроники», разработанной на основе ФГОС СПО по специальности

15.02.09 «Аддитивные технологии» и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам.

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

ПК 1.1. Применять средства бесконтактной оцифровки для целей компьютерного проектирования, входного и выходного контроля.

ПК 1.2. Создавать и корректировать средствами компьютерного проектирования цифровые трехмерные модели изделий.

ПК 2.1. Организовывать и вести технологический процесс на установках для аддитивного производства.

ПК 2.2. Контролировать правильность функционирования установки, регулировать её элементы, корректировать программируемые параметры.

ПК 2.3. Проводить доводку и финишную обработку изделий, созданных

на установках для аддитивного производства.

ПК 2.4. Подбирать параметры аддитивного технологического процесса и разрабатывать оптимальные режимы производства изделий на основе технического задания (компьютерной / цифровой модели).

ПК 3.1. Диагностировать неисправности установок для аддитивного производства.

ПК 3.2. Организовывать и осуществлять техническое обслуживание и текущий ремонт механических элементов установок для аддитивного производства.

ПК 3.3. Заменять неисправные электронные, электронно-оптические, оптические и прочие функциональные элементы установок для аддитивного производства и проводить их регулировку.

Целью освоения учебной дисциплины ОП.09 «Основы мехатроники» является:

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать**:

- базовые понятия автоматизированных систем управления технологическим процессом, в том числе гибридных систем;
- концепцию построения мехатронных модулей, структуру и классификацию;
- структуру и состав типовых систем мехатроники;
- основы проектирования и конструирования мехатронных модулей;
- основные понятия систем автоматизации технологических процессов;
- методы построения и анализа интегрированных мехатронных модулей и систем;
- типы приводов автоматизированного производства.

При выполнении лабораторных работ студент должен **уметь**:

- читать и составлять принципиальные схемы электрических, гидравлических и пневматических приводов несложного технологического оборудования;
- составлять управляющие программы для программируемых логических контроллеров;
- распознавать, классифицировать и использовать датчики, реле и выключатели в системах управления;
- правильно эксплуатировать мехатронное оборудование.

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов учебной дисциплины.

Объём лабораторных занятий по дисциплине определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по его окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ дисциплины ОП.09 «Основы мехатроники» содержит 4 лабораторных занятий.

**Перечень лабораторных работ  
по дисциплине ОП.09 «Основы мехатроники»**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1**

Тема: Концепция построения и проектирования мехатронной системы.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2**

Тема: Структура и принципы интеграции мехатронных систем. Структура и задачи мехатронной системы.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**

Тема: Мехатронные модули подачи.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4**

Тема: Технологические характеристики МРС с мехатронными модулями.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема:** Концепция построения и проектирования мехатронной системы.

**Цель:** Изучить концепцию построения и проектирования мехатронной системы.

**Оборудование:** В соответствии с рабочей программой ОП.09 «Основы мехатроники»

- рабочее место преподавателя;
- рабочие места по количеству обучающихся;
- комплект деталей, инструментов, приспособлений;
- комплект бланков технологической документации;
- наглядные пособия (образцы, плакаты, учебные модели, мехатронные модули и узлы, учебные стенды);
- комплект приспособлений и узлов автоматизации, приборов и устройств, контрольно-измерительной аппаратуры, инструментов, приспособлений.
- Технические средства обучения:
- мультимедиа проектор;
- интерактивная доска;
- DVD-фильмы;
- персональные компьютеры и компьютерные системы (классы);
- электронные лаборатории;
- компьютерные обучающие, контролирующие и профессиональные программы.
- мехатронные станции.

### Справочный материал

В широком смысле мехатроника изучает технические системы, агрегаты, машины и комплексы машин различного назначения с компьютерным управлением движением. Главная методологическая идея мехатроники состоит в системном сочетании таких ранее обособленных научно-технических областей как точная механика, микроэлектроника, электротехника, компьютерное управление и информационные технологии. В мехатронных системах укрупненно принято выделять три составные части - механическую, электронную и компьютерную, объединение которых и образует систему в целом (рис.1). Суть мехатронного подхода заключается в тесной взаимосвязи указанных компонент на всех этапах жизненного цикла изделия, начиная со стадии его проектирования и маркетинга и заканчивая производством и эксплуатацией заказчиком.



Рисунок 1 – Компоненты мехатронных систем.

Мехатроника - это новая область науки и техники, посвященная созданию и эксплуатации машин и систем с компьютерным управлением движением, которая базируется на знаниях в области механики, электроники и микропроцессорной техники, информатики и компьютерного управления движением машин и агрегатов.

Мехатроника изучает синергетическое объединение узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых модулей, систем, машин и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями.



Рисунок 2 – Определение мехатронных систем.

1. Мехатроника изучает новый методологический подход в построении

машин с качественно новыми характеристиками. Важно подчеркнуть, что этот подход является весьма универсальным и может быть применен в машинах и системах различного назначения.

2. В определении подчеркивается синергетический характер интеграции составляющих элементов в мехатронных объектах.

Синергия - это совместное действие, направленное на достижение общей цели. При этом принципиально важно, что составляющие части не просто дополняют друг друга, но объединяются таким образом, что образованная система обладает качественно новыми свойствами.

3. Интегрированные мехатронные элементы выбираются разработчиком уже на стадии проектирования машины, а затем обеспечивается необходимая инженерная и технологическая поддержка при производстве и эксплуатации машины. В этом радикальное отличие мехатронных машин от традиционных, когда зачастую пользователь был вынужден самостоятельно объединять в систему разнородные механические, электронные и информационно-управляющие устройства различных изготовителей. Именно поэтому многие сложные комплексы (например, некоторые гибкие производственные системы в отечественном машиностроении) показали на практике низкую надежность и невысокую технико-экономическую эффективность.

4. Методологической основой разработки мехатронных систем служат методы параллельного проектирования. При традиционном проектировании машин с компьютерным управлением последовательно проводится разработка механической, электронной, сенсорной и компьютерной частей системы, а затем выбор интерфейсных блоков. Парадигма параллельного проектирования заключается в одновременном и взаимосвязанном синтезе всех компонент системы.

5. Базовыми объектами изучения мехатроники являются мехатронные модули, которые выполняют движения, как правило, по одной управляемой координате. Из таких модулей, как из функциональных кубиков, komponуются сложные системы модульной архитектуры.

6. Мехатронные системы предназначены, как следует из определения, для реализации заданного движения. Критерии качества выполнения движения МС являются проблемно-ориентированными, т.е. определяются постановкой конкретной прикладной задачи. Специфика задач автоматизированного машиностроения состоит в реализации перемещения выходного звена - рабочего органа технологической машины (например, инструмента для механообработки). При этом необходимо координировать управление пространственным перемещением МС с управлением различными внешними процессами. Примерами таких процессов могут служить регулирование силового взаимодействия рабочего органа с объектом работ при механообработке, контроль и диагностика текущего состояния критических элементов МС (инструмента, силового преобразователя), управление дополнительными технологическими воздействиями (тепловыми, электрическими, электрохимическими) на объект работ при комбинированных методах обработки, управление вспомогательным оборудованием комплекса

(конвейерами, загрузочными устройствами и т.п.), выдача и прием сигналов от устройств электроавтоматики (клапанов, реле, переключателей). Такие сложные координированные движения мехатронных систем будем в дальнейшем называть функциональными движениями.

7. В современных МС для обеспечения высокого качества реализации сложных и точных движений применяются методы интеллектуального управления. Данная группа методов опирается на новые идеи в теории управления, современные аппаратные и программные средства вычислительной техники, перспективные подходы к синтезу управляемых движений МС (некоторые из этих методов изложены в гл.5 пособия).

### **Задание 1**

Задать основные определения названиям направлений мехатронных систем.

- Механика;
- Электроника:
  - Электромеханика;
- Управление:
  - Цифровое управление;
  - Схема управления;
  - Электромеханика;
- Software;
  - CAD / CAM;
- Системное моделирование;
- Симуляция;
- Микроконтроллер;
- Датчики.

### **Задание 2**

Чтобы понять значение автоматизированных систем проектирования, мы должны изучить различные задачи и операции, которые решаются и выполняются в процессе разработки и производства продукции. Все эти задачи, взятые вместе, называются жизненным циклом продукта (product life cycle).

На рис. 3 показаны этапы жизненного цикла изделий и системы их автоматизации.

Задать определения основным системам автоматизированного проектирования.



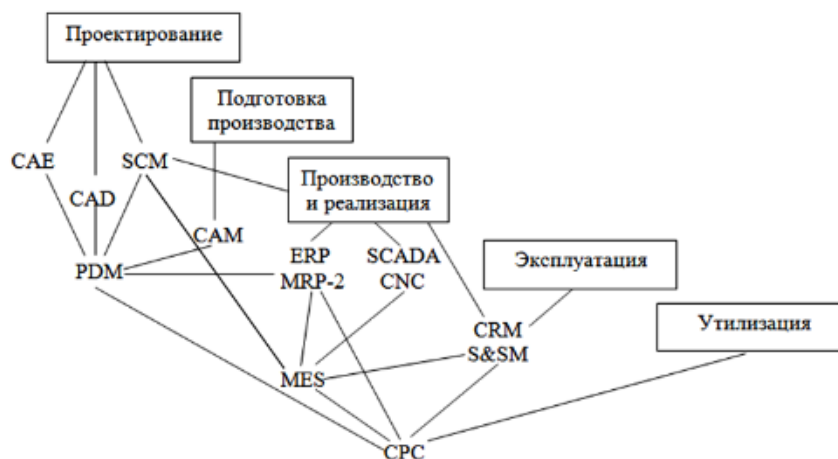


Рисунок 3 – Этапы жизненного цикла промышленных изделий и системы их автоматизации

**CAE –**  
**CAD –**  
**CAM –**  
**PDM –**  
**ERP –**  
**MRP-2 –**  
**MES –**  
**SCM –**  
**CRM –**  
**SCADA –**  
**CNC –**  
**S&SM –**  
**CPC –**

### Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Откройте новый документ Word, выполните настройку документа и заполните необходимую информацию согласно методических указаний. Сохраните документ в папке «Мои документы» с именем «Фамилия, группа, Лб.р.1», не забывайте периодически сохранять документ в процессе выполнения работы.

2. Внимательно изучите краткие теоретические сведения.

3. Оформите предложенный текст в соответствии с требованиями к проекту.

4. Сделайте выводы, подготовьтесь к защите.

### Контрольные вопросы

1. Компоненты мехатронных систем?
2. Компонент механическая часть?
3. Компонент электронная и электрическая часть?
4. Компонент компьютерная часть?
5. Компонент интерфейсы?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

**Тема:** Структура и принципы интеграции мехатронных систем. Структура и задачи мехатронной системы.

**Цель:** Изучить структуру и принципы интеграции мехатронных систем. Изучить структуру и задачи мехатронной системы.

**Оборудование:** В соответствии с рабочей программой ОП.09 «Основы мехатроники»

- рабочее место преподавателя;
- рабочие места по количеству обучающихся;
- комплект деталей, инструментов, приспособлений;
- комплект бланков технологической документации;
- наглядные пособия (образцы, плакаты, учебные модели, мехатронные модули и узлы, учебные стенды);
- комплект приспособлений и узлов автоматизации, приборов и устройств, контрольно-измерительной аппаратуры, инструментов, приспособлений.
- Технические средства обучения:
- мультимедиа проектор;
- интерактивная доска;
- DVD-фильмы;
- персональные компьютеры и компьютерные системы (классы);
- электронные лаборатории;
- компьютерные обучающие, контролирующие и профессиональные программы.
- мехатронные станции.

### Справочный материал

Внешней средой для машин рассматриваемого класса является технологическая среда, которая содержит различное основное и вспомогательное оборудование, технологическую оснастку и объекты работ. При выполнении мехатронной системой заданного функционального движения объекты работ оказывают возмущающие воздействия на рабочий орган. Примерами таких воздействий могут служить силы резания для операций механообработки, контактные силы и моменты сил при сборке, сила реакции струи жидкости при операции гидравлической резки.

Внешние среды укрупненно можно разделить на два основных класса: детерминированные и недетерминированные. К детерминированным относятся среды, для которых параметры возмущающих воздействий и характеристики объектов работ могут быть заранее определены с необходимой для проектирования МС степенью адекватности. Некоторые среды являются недетерминированными по своей природе (например, экстремальные среды:

подводные, подземные и т.п.). Характеристики технологических сред как правило могут быть определены с помощью аналитико-экспериментальных исследований и методов компьютерного моделирования. Например, для оценки сил резания при механообработке проводят серии экспериментов на специальных исследовательских установках, параметры вибрационных воздействий измеряют на вибростендах с последующим формированием математических и компьютерных моделей возмущающих воздействий на основе экспериментальных данных.

Однако для организации и проведения подобных исследований зачастую требуются слишком сложные и дорогостоящие аппаратура и измерительные технологии. Так для предварительной оценки силовых воздействий на рабочий орган при операции роботизированного удаления облоя с литых изделий необходимо измерять фактические форму и размеры каждой заготовки. В таких случаях целесообразно применять методы адаптивного управления, которые позволяют автоматически корректировать закон движения МС непосредственно в ходе выполнения операции.

В состав традиционной машины входят следующие основные компоненты (рис.1):

- механическое устройство, конечным звеном которого является рабочий орган;
- блок приводов, включающий силовые преобразователи и исполнительные двигатели;
- устройство компьютерного управления, верхним уровнем для которого является человек-оператор, либо другая ЭВМ, входящая в компьютерную сеть;
- сенсоры, предназначенные для передачи в устройство управления информации о фактическом состоянии блоков машины и движении МС.

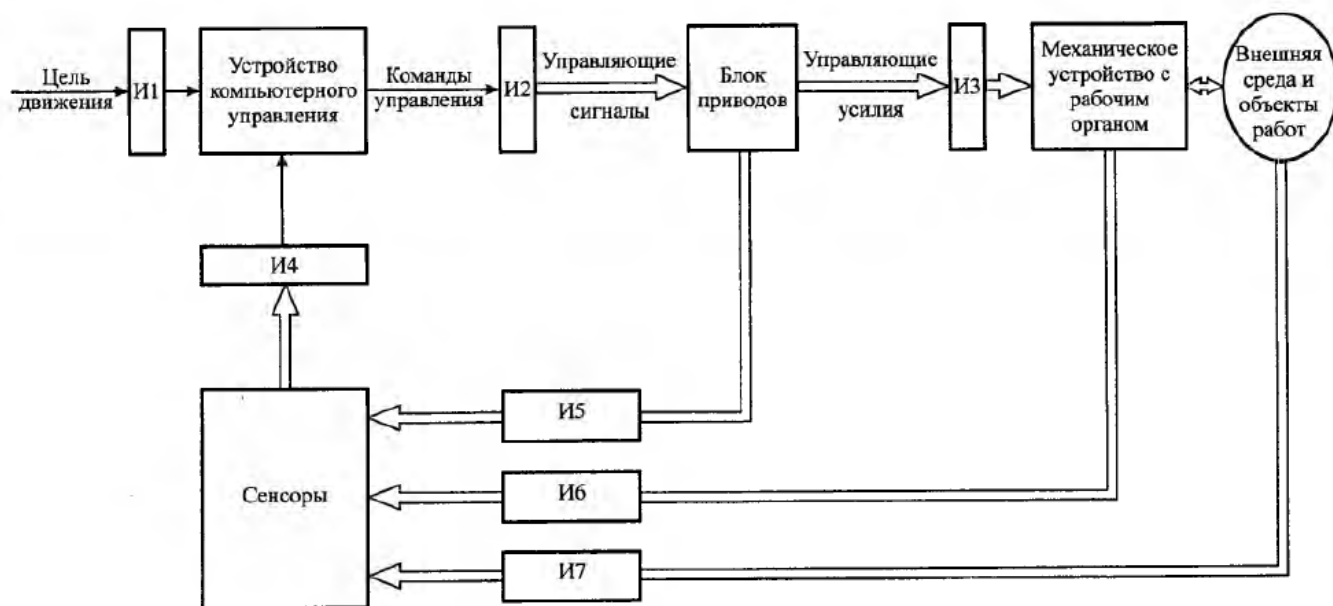


Рисунок 1 – Блок-схема традиционной машины с компьютерным управлением (И1 - И7: интерфейсные блоки)

Таким образом, наличие трех обязательных частей - механической (точнее электромеханической), электронной и компьютерной, связанных энергетическими и информационными потоками, является первичным признаком, отличающим мехатронные системы.

Электромеханическая часть включает механические звенья и передачи, рабочий орган, электродвигатели, сенсоры и дополнительные электротехнические элементы (например, тормоза, муфты). Механическое устройство предназначено для преобразования движений звеньев в требуемое движение рабочего органа. Электронная часть состоит из микроэлектронных устройств, силовых преобразователей и электроники измерительных цепей. Сенсоры предназначены для сбора данных о фактическом состоянии внешней среды и объектов работ, механического устройства и блока приводов с последующей первичной обработкой и передачей этой информации в устройство компьютерного управления (УКУ). В состав УКУ мехатронной системы обычно входят компьютер верхнего уровня и контроллеры управления движением.

Межблочные виды интерфейсов, которые наиболее часто встречаются в машинах с компьютерным управлением (станках с ЧПУ, промышленных роботах и т.п.), широко применяемых в автоматизированном машиностроении.

Интерфейс И1 представляет собой комплекс сетевых аппаратно-программных средств для сопряжения устройства компьютерного управления с компьютерной сетью, либо это интерфейс человек - машина, если цель управления мехатронной системе задается непосредственно человеком-оператором. Современные человеко-машинные интерфейсы выполняются в виде пультов и рукояток дистанционного управления (например, для программирования промышленных роботов методом обучения), периферийных устройств компьютеров (клавиатура, монитор, джойстик), сенсорных дисплеев устройств отображения информации в системах виртуальной реальности (перчатки, шлемы со встроенными очками и др.).

Интерфейс И2 обычно состоит из цифро-аналогового преобразователя и усилительно-преобразующего устройства и служит для формирования управляющих электрических напряжений для исполнительных приводов.

Интерфейс И4 на входе устройства компьютерного управления в случае применения в МС сенсоров с аналоговым выходным сигналом строится на основе аналого-цифровых преобразователей.

Интерфейс И3 - представляет собой, как правило, механические передачи, связывающие исполнительные двигатели со звеньями механического устройства. Конструктивно такие трансмиссии обычно включают редукторы, муфты, гибкие связи, тормоза и т.п.

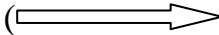

Интерфейсы сенсоров И5, И6 и И7 в зависимости от физического характера входных переменных состояния системы можно разделить на электрические и механические. К механическим относятся присоединительные устройства для датчиков обратной связи приводов (фотоимпульсных, кодовых, тахогенераторов, потенциометров, резольверов), силомоментных и тактильных датчиков, а также других средств осязания и информации о движении

двигателей, звеньев механического устройства и внешних объектов. Преобразование и передача сигналов о переменных состояния системы, которые имеют электрическую природу (например, напряжения и токи в силовых преобразователях) осуществляется электрическими интерфейсами. В их состав помимо усилительно-преобразующих плат входят также соединительные кабели и коммутационная аппаратура.

Важно отметить, что связь всех элементов с устройством компьютерного управления предусматривает не только аппаратное сопряжение, но также и соответствующее программное обеспечение (операционную систему и драйверы) для организации обмена данными в режиме реального времени.



Рисунок 2 – Информационные и энергетические потоки в мехатронной системе.

( – энергетические потоки,  
 – информационные потоки  
 ФП – функциональный преобразователь)

Принципиальное различие мехатронного и традиционного подходов к проектированию и изготовлению модулей и машин с компьютерным управлением состоит в концепции технической реализации функциональных преобразователей. При традиционном проектировании интерфейсы представляют собой отдельные самостоятельные устройства и узлы. Обычно это сепаратные блоки, которые выпускаются специализированными фирмами, но зачастую отдельные элементы приходится изготавливать самим пользователям, особенно при сопряжении специализированных и нестандартных блоков МС. Производственная практика показала, что для монтажа и запуска сложных комплексов (например, гибких производственных систем) предприятия, которые, как правило, не имеют своих высококвалифицированных специалистов по системной интеграции, вынуждены обращаться к инжиниринговым фирмам, тем самым увеличивая

свои затраты.

Сравнивая блок-схемы, представленные на рис.1 и 2, можно прийти к выводу о том, что количество преобразующих (в том числе интерфейсных) блоков в традиционной структуре машины с компьютерным управлением избыточно по отношению к минимально необходимому числу информационно-энергетических функциональных преобразований. Наличие избыточных блоков приводит к снижению надежности и точности мехатронной системы, ухудшению ее массогабаритных и стоимостных показателей.

Идея минимизации промежуточных преобразований широко используется в инженерной практике при проектировании устройств и систем самого различного назначения. Характерным примером реализации этой инженерной идеи в бытовой технике является так называемая "видеодвойка" - моноблок, в состав которого входят телевизор и видеомагнитофон. Чем же руководствуются покупатели, отдавая в магазине предпочтение видеодвойке по сравнению с покупкой отдельно ТВ и видеомагнитофона? Во-первых, безусловно, ощутимый выигрыш в стоимости. Во-вторых, не надо разбираться с подключением кабелей и разъемов, а затем регулярно следить за надежностью этих соединений. В-третьих, имеют значение преимущество в габаритах, общий солидный корпус, удобство установки. Но при этом покупатель должен четко отдавать себе отчет в том, что видеодвойка - система негибкая, оба устройства могут эксплуатироваться и при необходимости ремонтироваться только совместно.

Суть мехатронного подхода к проектированию состоит в интеграции в единый функциональный модуль двух или более элементов различной физической природы. Другими словами, на стадии проектирования из традиционной структуры машины исключается как сепаратное (отдельное) устройство по крайней мере один интерфейс при сохранении физической сущности преобразования, выполняемого данным модулем. В идеальном для пользователя варианте мехатронный модуль, получив на вход информацию о цели управления, должен исполнить с заданными показателями качества программное функциональное движение.

Сущность мехатронного подхода состоит в том, что он направлен на интеграцию конкретного класса элементов (механических, электронных, компьютерных, электротехнических, интерфейсных и др.), которые имеют принципиально различную физическую природу и предназначены для реализации сложного функционального движения. Аппаратное объединение элементов в единые конструктивные модули должно обязательно сопровождаться разработкой интегрированного программного обеспечения. Программные средства МС должны обеспечивать непосредственный переход от замысла системы через ее математическое моделирование к управлению функциональным движением в реальном времени. Таким образом, проектирование МС предполагает разработку комплекса аппаратно-программных средств, ориентированных на конкретные прикладные задачи.

Для реализации сформулированного мехатронного подхода следует определить локальные точки интеграции элементов в единый функциональный

модуль. Для этого вернемся к рассмотрению блок-схемы на рис.1. Потенциально возможные точки аппаратной интеграции и структуры соответствующих мехатронных модулей представлены в табл.1.

Таблица 1

Мехатронный модуль	Исходные элементы		
	Базовый элемент	Дополняющий элемент	Исключающий интерфейс
Интеллектуальный силовой преобразователь	Силовой преобразователь	Микропроцессор	И2
Прикладной модуль	Исполнительный двигатель	Механическое устройство	И3
Интеллектуальный сенсор	Сенсор	Микропроцессор	И4
Мехатронный модуль движения	Приводной модуль	Сенсор	И3,И5
Очувствленный рабочий орган	Рабочий орган	Сенсор	И6

В табл.1 мехатронные модули классифицированы по набору вошедших в их состав базового и дополняющих элементов (столбцы 1 и 2). В третьем столбце указаны интерфейсы, которые при проектировании исключаются как сепаратные блоки из традиционной структуры (рис.1). В таблице не рассматриваются интерфейсы И1 и И7, которые являются по сути входными для мехатронного модуля, так как связывают его с источниками внешних сигналов и воздействий.

Важно подчеркнуть, что на практике целесообразно строить мехатронный модуль, опираясь сразу на несколько точек интеграции, и создание именно таких модулей представляет наибольший интерес с теоретической и прикладной точек зрения для мехатроники как новой области науки и техники. Безусловно, данная таблица не исчерпывает всех возможных способов объединения элементов в МС и оставляет большое поле для научного поиска и инженерного творчества. Принципы построения, конструктивные схемы и технические описания современных мехатронных модулей указанных классов и мехатронных систем.

### Задание 1

Спроектировать функциональную схему мехатронной системы. Дать определения основным названиям мехатронным модулям и связям между ними.



## Задание 2

Спроектировать функциональную модель мехатронного модуля. Дать определения основным названиям составным блокам.



## Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Откройте новый документ Word, выполните настройку документа и заполните необходимую информацию согласно методических указаний. Сохраните документ в папке «Мои документы» с именем «Фамилия, группа, Лб.р.1», не забывайте периодически сохранять документ в процессе выполнения работы.
2. Внимательно изучите краткие теоретические сведения.
3. Оформите предложенный текст в соответствии с требованиями к проекту.
4. Сделайте выводы, подготовьтесь к защите.

## Контрольные вопросы

1. Интеллектуальный силовой преобразователь?
2. Мехатронный модуль движения?
3. Силовой преобразователь?
4. Рабочий орган?
5. Микропроцессор?
6. Сенсор?
7. Мехатронный модуль?
8. Механическое устройство?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

**Тема:** Мехатронные модули подачи.

**Цель:** Изучить мехатронные модули подачи.

**Оборудование:** В соответствии с рабочей программой ОП.09 «Основы мехатроники»

- рабочее место преподавателя;
- рабочие места по количеству обучающихся;
- комплект деталей, инструментов, приспособлений;
- комплект бланков технологической документации;
- наглядные пособия (образцы, плакаты, учебные модели, мехатронные модули и узлы, учебные стенды);
- комплект приспособлений и узлов автоматизации, приборов и устройств, контрольно-измерительной аппаратуры, инструментов, приспособлений.
- Технические средства обучения:
- мультимедиа проектор;
- интерактивная доска;
- DVD-фильмы;
- персональные компьютеры и компьютерные системы (классы);
- электронные лаборатории;
- компьютерные обучающие, контролирующие и профессиональные программы.
- мехатронные станции.

### Справочный материал

Моторы - редукторы являются, по-видимому, исторически первыми по принципу своего построения мехатронными модулями, которые стали серийно выпускаться и нашли очень широкое применение в приводах различных машин и механизмов. Мотор-редуктор представляет собой компактный конструктивный модуль, объединяющий электродвигатель и редуктор. По сравнению с традиционным соединением двигателя и редуктора через муфту моторы - редукторы обладают целым рядом существенных преимуществ:

- сокращение габаритных размеров;
- снижение стоимости за счет сокращения количества присоединительных деталей, уменьшения затрат на установку, наладку и запуск изделия;
- улучшенные эксплуатационные свойства (пыле- и влагозащищенность, минимальный уровень вибраций, безопасность и надежность работы в неблагоприятных производственных условиях).

Конструктивное исполнение модуля определяется типами используемых редуктора и электродвигателя. В зависимости от технических требований

задачи применяются цилиндрические, насадные, конические, червячные и другие виды редукторов. В качестве электродвигателей наиболее часто используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и регулируемые преобразователи частоты вращения, однофазные двигатели и двигатели постоянного тока.



Рисунок 1 – Мехатронные модули первого уровня.

Редуктор выпускается для общемашиностроительного применения. Особенность конструкции состоит в том, что в ступице червячного колеса встроена предохранительная муфта, позволяющая ограничивать развиваемый крутящий момент.

Следующим шагом в развитии приводной техники стало появление высокомоментных двигателей вращательного движения, применение которых позволило вообще исключить механический редуктор из состава электроприводов постоянного тока, работающих на низких скоростях.

Высокомоментными называются двигатели постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов и электронной коммутацией обмоток, которые допускают многократную перегрузку по моменту. Для определения положения полюсов на роторе вентильного ВМД устанавливают дополнительные технические средства (например, датчики Холла, индуктивные и фотоэлектрические датчики). Обычно высокомоментные двигатели (ВМД) устойчиво работают на частотах вращения 0.1-1 1/мин, которые типичны для металлорежущих станков и промышленных роботов.

Основные преимущества ВМД определяются отсутствием в приводе редуктора:

- снижение материалоемкости, компактность и модульность конструкции;
- повышенные точностные характеристики привода благодаря отсутствию зазоров;
- исключение трения в механической трансмиссии позволяет существенно уменьшить погрешности позиционирования и нелинейные динамические эффекты на ползучих скоростях;
- повышение резонансной частоты.

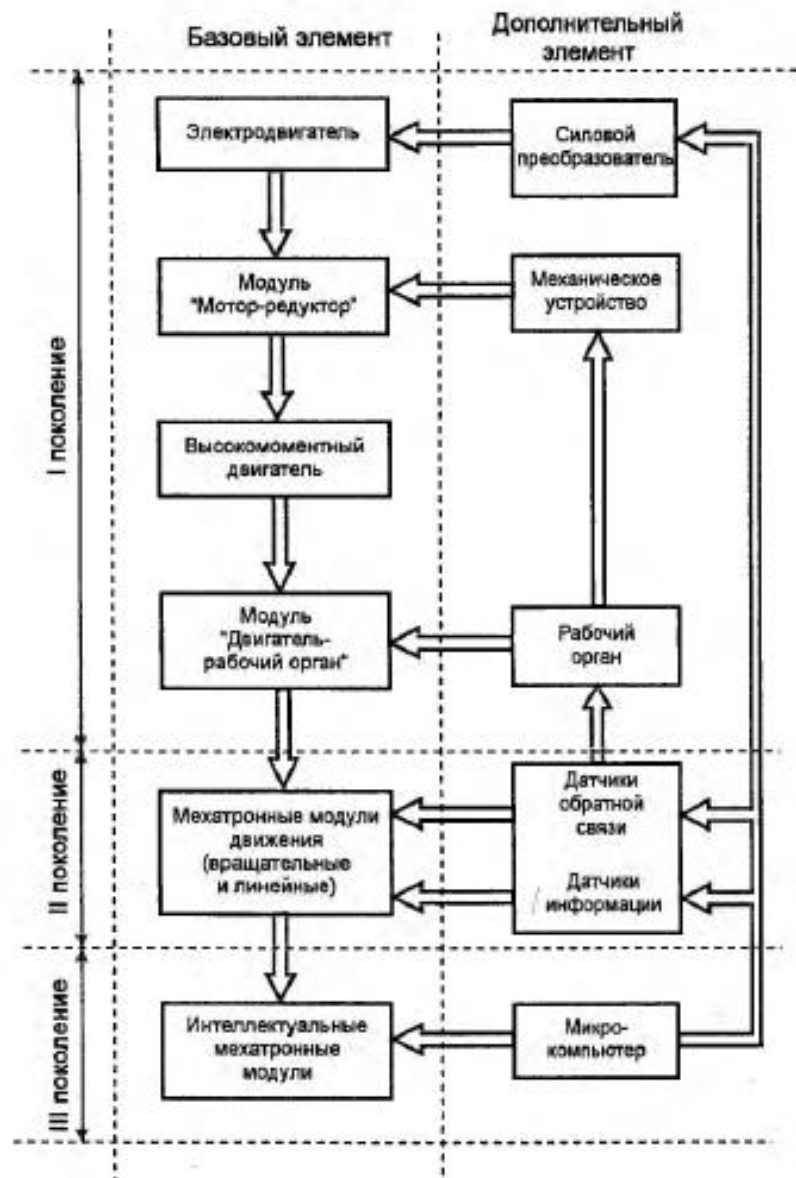


Рисунок 2 – Общая схема, поясняющая эволюцию развития мехатронных модулей движения от моторов-редукторов до интеллектуальных модулей.

ВМД выпускаются в настоящее время коллекторного и вентильного (иногда используется термин «бесщеточного», либо «бесконтактного») типов.

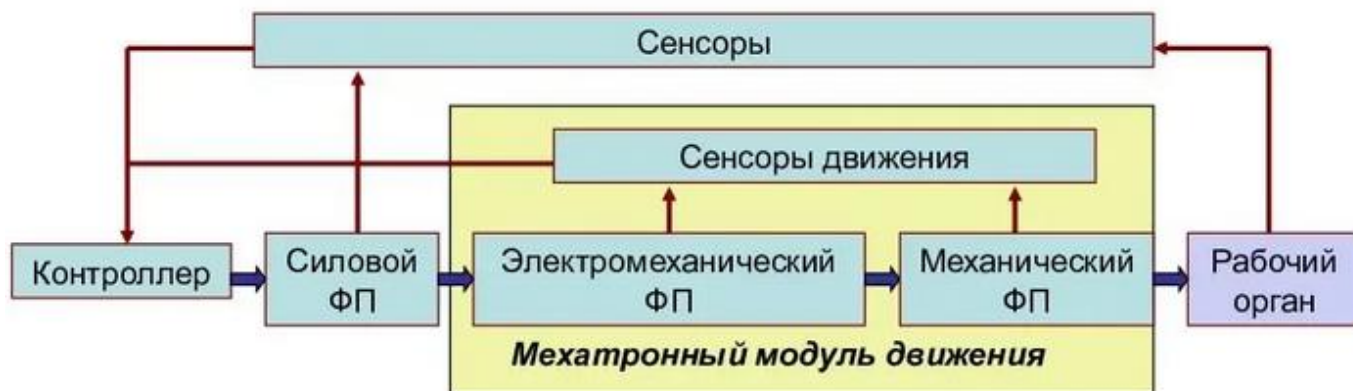
Основные преимущества вентильных двигателей по сравнению с коллекторными:

- высокая надежность, большой срок службы, минимальные затраты на обслуживание (вследствие исключения искрения и износа щеток);
- улучшенные тепловые характеристики (так как тепло рассеивается на обмотках статора, а на роторе тепловыделяющие элементы отсутствуют), отсюда возможность использования проводов малого сечения;
- высокое быстродействие за счет высокого соотношения развиваемый момент/ момент инерции ротора;
- большая перегрузочная способность по моменту (типично  $M_{\max}/M_{\text{ном}} = 8 \div 10$ ) в широком диапазоне регулирования скорости;
- близкие к линейным механические и регулировочные характеристики.

### Задание 1

Спроектировать функциональную модель мехатронного модуля. Дать определения основным названиям составным блокам.

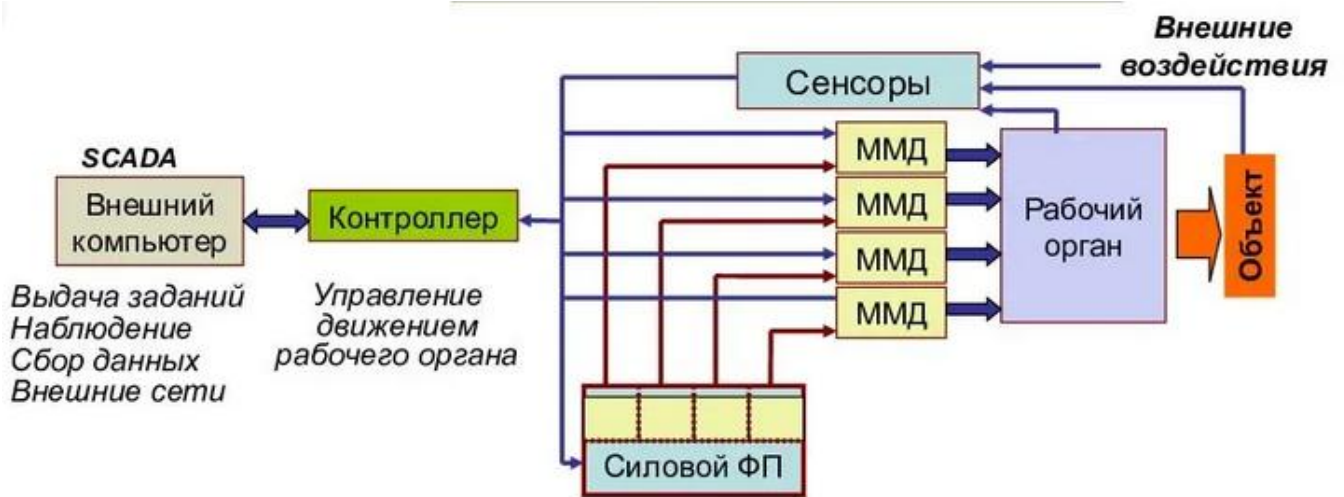
1. Контроллер.
2. Силовой ФП.
3. Электромеханический ФП.
4. Механический ФП.
5. Сенсоры движения.
6. Рабочий орган.
7. Сенсоры.



### Задание 2

Спроектировать функциональную схему управления мехатронного модуля. Дать определения основным названиям составным блокам.

1. SCADA внешний компьютер.
2. Контроллер (тип).
3. Силовой ФП
4. ММД
5. Рабочий орган
6. Объект
7. Сенсоры.
8. Внешнее воздействие.



### Порядок выполнения работы и содержание отчета

1. Откройте новый документ Word, выполните настройку документа и заполните необходимую информацию согласно методических указаний. Сохраните документ в папке «Мои документы» с именем «Фамилия, группа, Лб.р.1», не забывайте периодически сохранять документ в процессе выполнения работы.
2. Внимательно изучите краткие теоретические сведения.
3. Оформите предложенный текст в соответствии с требованиями к проекту.
4. Сделайте выводы, подготовьтесь к защите.

### Контрольные вопросы

1. Механические узлы мехатронных модулей?
2. Редукторы?
3. Подшипники?
4. Муфты?
5. Передачи преобразования движения?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

**Тема:** Технологические характеристики МРС с мехатронными модулями.

**Цель:** Изучить технологические характеристики МРС с мехатронными модулями.

**Оборудование:** В соответствии с рабочей программой ОП.09 «Основы мехатроники»

- рабочее место преподавателя;
- рабочие места по количеству обучающихся;
- комплект деталей, инструментов, приспособлений;
- комплект бланков технологической документации;
- наглядные пособия (образцы, плакаты, учебные модели, мехатронные модули и узлы, учебные стенды);
- комплект приспособлений и узлов автоматизации, приборов и устройств, контрольно-измерительной аппаратуры, инструментов, приспособлений.
- Технические средства обучения:
- мультимедиа проектор;
- интерактивная доска;
- DVD-фильмы;
- персональные компьютеры и компьютерные системы (классы);
- электронные лаборатории;
- компьютерные обучающие, контролирующие и профессиональные программы.
- мехатронные станции.

### **Справочный материал**

#### ***Классификация металлорежущих станков (МРС)***

По степени универсальности:

1. Универсальные (применяют для разных операций при обработке деталей широкой номенклатуры, имеют широкий диапазон регулирования скоростей и подач, снабжены быстродействующими механизмами управления и быстрых перемещений).

2. Специализированные станки предназначены для обработки однотипных деталей, сходных по конфигурации, но имеющих различные размеры.

3. Специальные станки предназначены для обработки одной или нескольких подобных деталей одного типоразмера или даже для выполнения отдельных операций.

#### ***По степени точности***

– Класс Н – нормальной точности, к которому относятся большинство универсальных станков

– Класс П – станки повышенной точности с более высокими требованиями к точности и качеству изготовления основных деталей станка, их монтажу и регулированию при сборке.

– Класс В – станки высокой точности отличаются от базовой модели применением специальной конструкции отдельных деталей, высокой точностью изготовления, качеством сборки и регулирования.

– Класс А – станки особо высокой точности основные и базовые элементы которых изготовлены и собраны с более жесткими требованиями, чем в станках класса В.

– Класс С – станки особо точные или мастер-станки предназначены для изготовления деталей наивысшей точности для станков классов А и др. Класс точности станка, кроме нормального, указывают после индекса его модели, например, мод. 16K20В – токарно-винторезный станок высокой точности.

По массе:

- легкие (до 1 т);
- средние (до 10 т);
- тяжелые (св. 10 т).

Тяжелые станки бывают:

- крупные (до 30 т);
- собственно тяжелые (до 100 т);
- уникальные (св. 100 т.).

По степени автоматизации различают:

- станки с ручным управлением;
- полуавтоматы;
- автоматы.

По расположению шпинделя делят на:

- горизонтальные;
- вертикальные;
- наклонные.

По степени концентрации операций станки подразделяют на:

- однопозиционные;
- многопозиционные.

По типу системы ЧПУ:

- Ф1 – с предварительным набором координат;
- Ф2 – с позиционной системой управления;
- Ф3 – с контурной системой управления;
- Ф4 – с универсальной системой управления для позиционной и контурной обработки.

По назначению:

Группа 1. Токарные станки.

- Группа 2. Сверлильные и расточные станки.  
Группа 3. Шлифовальные, полировальные и доводочные станки.  
Группа 4. Комбинированные станки.  
Группа 5. Зубо и резьбообрабатывающие станки.  
Группа 6. Фрезерные станки.  
Группа 7. Строгальные долбежные и протяжные станки.  
Группа 8. Разрезные станки.  
Группа 9. Разные станки.

В рамках каждой группы рассматривается 9 типов металлорежущих станков.

- 1) Токарные станки (основной технологический метод обработки – точение; их доля составляет 30 % общего парка станков);
- 2) Сверлильные и расточные станки (оборудование для обработки отверстий 20 % парка);
- 3) Шлифовальные, полировальные, доводочные, заточные станки (работающие абразивным инструментом, 20 % парка);
- 4) Комбинированные станки и станки для физикохимической обработки (например, для электроэрозионной обработки и др.);
- 5) Зубо- и резьбообрабатывающие станки ( 6 % парка);
- 6) Фрезерные станки ( 15 % парка);
- 7) Строгальные, протяжные, долбежные станки (с прямолинейным рабочим движением; 4 % парка);
- 8) Разрезные станки (для разрезания проката);
- 9) Разные станки (балансировка, правка и т. д.);
- 10) Резервная группа.

По степени автоматизации различают станки:

- 1) с ручным управлением;
- 2) полуавтоматы (выполняется автоматически один рабочий цикл);
- 3) автоматы (выполняется автоматически много рабочих циклов подряд);
- 4) станки с ЧПУ (обладают способностью к быстрой переналадке изменением программы).

Маркировка металлорежущих станков:

Первая цифра шифра определяет группу станка.

Вторая – тип станка.

Третья (иногда третья и четвертая) – условный размер станка.

Буква на втором или третьем месте позволяет различать станки одного типоразмера, но с разными техническими характеристиками.

Буква в конце шифра означает модификацию станка одной базовой модели.

Основные движения:

Основные движения (рабочие), которые предназначены непосредственно



для осуществления процесса резания:

а) Главное движение – осуществляется с максимальной скоростью.

Может передаваться как заготовке (например в токарных станках) так и инструменту (напр. в сверлильных, шлифовальных, фрезерных станках).

Характер движения: вращательный или поступательный.

Характеризуется скоростью -  $v$  (м/с).

б) Движение подачи – осуществляется с меньшей скоростью и так же может передаваться и заготовке и инструменту.

Характер движения: вращательный, круговой, поступательный, прерывистый.

Виды подачи:

– подача на ход, на двойной ход  $S_x$ . (мм/ход),  $S_{дв.х.}$  (мм/дв.ход);

– подача на зуб  $S_z$  (мм/зуб);

– подача на оборот  $S_o$  (мм/оборот);

– частотная (минутная) подача  $S_m$  (об/мин).

Вспомогательные движения – способствуют осуществлению процесса резания, но не участвуют в нем непосредственно.

Виды вспомогательных движений:

– наладка станка;

– задача режимов резания;

– установка ограничителей хода в соответствии с размерами и конфигурациями заготовок;

– управление станком в процессе работы;

– установка заготовки, снятие готовой детали;

– установка и смена инструмента и прочие.

### **Порядок выполнения работы и содержание отчета**

1. Откройте новый документ Word, выполните настройку документа и заполните необходимую информацию согласно методических указаний. Сохраните документ в папке «Мои документы» с именем «Фамилия, группа, Лб.р.1», не забывайте периодически сохранять документ в процессе выполнения работы.

2. Внимательно изучите краткие теоретические сведения.

3. Оформите предложенный текст в соответствии с требованиями к проекту.

4. Сделайте выводы, подготовьтесь к защите.

### **Контрольные вопросы**

1. Кинематические группы?

2. Источники движения МРС?

3. Органы настройки МРС?

4. Кинематические связи?

5. Основные этапы кинематического расчета?

6. Типы элементарных коробок скоростей?

7. Структурная сетка?

8. График частот вращения привода?

## **Информационное обеспечение обучения**

### **Основные учебные издания**

1. Основы мехатроники : учебное пособие для СПО / И. В. Абрамов, А. И. Абрамов, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов. — Саратов : Профобразование, 2021. — 179 с. — ISBN 978-5-4488-1299-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/108053>.

### **Дополнительные учебные издания**

2. Маслов, А. Р. Технологическое оборудование автоматизированного производства : учебное пособие для СПО / А. Р. Маслов. — Саратов, Москва : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 103 с. — ISBN 978-5-4488-0977-4, 978-5-4497-0832-8. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/102248>

3. Жежера, Н. И. Микропроцессорные системы автоматизации технологических процессов : учебное пособие / Н. И. Жежера. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-9729-0517-1. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/98426>.

4. Головицына, М. В. Интеллектуальные САПР для разработки современных конструкций и технологических процессов : учебное пособие для СПО / М. В. Головицына. — Саратов : Профобразование, 2021. — 248 с. — ISBN 978-5-4488-0997-2. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/102190>

5. Белов, П. С. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов : учебное пособие для СПО / П. С. Белов, О. Г. Драгина. — Саратов : Профобразование, Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 133 с. — ISBN 978-5-4488-0430-4, 978-5-4497-0379-8. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/89237>

### **Электронные издания (электронные ресурсы)**

6. ЭБС - <https://www.iprbookshop.ru>.

7. ЭБС - <https://book.ru>.

8. ЭБС - <https://profspo.ru>.

9. ЭБС - <https://znanium.com/>