**Введение**

Предметом самостоятельной подготовки студентов в рамках учебного курса «Основы мехатроники» являются мехатронные и робототехнические системы, их область применения и концепции их построения.

В основу курса положены современная теория и практика разработки ме-хатронных и робототехнических модулей и систем, включая собственные раз-работки автора.

Самостоятельная работа студентов включает в себя дополнительное са-мостоятельное изучение теоретического материала по темам рабочей програм-мы с использованием рекомендуемой литературы и разъяснений к ней.

При работе с литературой студенты могут в индивидуальном темпе и стиле проводить собственный анализ изучаемого материала, систематизировать его, а благодаря зрительной памяти наиболее эффективно запомнить большее количество информации.

Самостоятельная работа студентов включает также подготовку к практи-ческим занятиям (в соответствии с рабочей программой дисциплины) и подго-товку к зачету и экзамену.

Проверка преподавателем самостоятельной работы осуществляется на консультациях, во время практических занятий, а также на зачете и экзамене.

**Тема 1. Базовые определения мехатроники и робототехники**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

В первую очередь необходимо познакомиться с различными интерпретациями понятий «мехатроника» и «робототехника», с соответствующими допол-нительными комментариями к этим определениям.

Далее необходимо освоить базовые понятия мехатроники и робототехни-ки: мехатронные модули движения, информационно-измерительные модули, мехатронные модули систем управления, мехатронная машина и мехатронные процессы.

В заключение данной темы необходимо четко сформулировать основные отличия мехатронной машины от традиционной машины.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

*Подготовка к практическому занятию № 1*

Практическое занятие включает знакомство с техническим оснащением кафедры «Мехатроника».

*Контрольные вопросы по теме*

1. Прокомментируйте основные понятия «мехатроника» и «робото-техника». Укажите их общность и различие.

2. Сформулируйте цель, предмет и методы мехатроники и робототех-ники.

3. Сформулируйте определение термина «мехатронный модуль дви-жения».

4. Сформулируйте определение термина «мехатронная машина».

5. Сформулируйте определение термина «информационно-измерительные модели».

**Тема 2. Общие тенденции развития мехатроники и робототехники**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Освоить понятие «синергетическое объединение» элементов мехатрон-ных и робототехнических модулей и систем. Освоение понятий «интеграция», «интеллектуализация» и «миниатюризация», определяющих основные направ-ления развития мехатронных и робототехнических систем.

От студентов требуется понимание пяти основных принципов организа-ции интеллектуальных систем управления и основных направлений интеллек-туализации мехатронных и робототехнических систем.

Студентам необходимо проследить основные этапы интеграции и миниа-тюризации мехатронных и робототехнических систем, а также иметь четкое представление о том, что все три направления развития мехатронных систем взаимосвязаны и влияют друг на друга.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

*Подготовка к практическому занятию № 2*

Практическое занятие предполагает просмотр и обсуждение видеофиль-мов «Основы мехатроники», «Мобильные роботы».

*Контрольные вопросы по теме:*

1. Отличие мехатронных систем от традиционных механических и электромеханических управляемых систем.

2. Основные направления развития мехатронных систем.

3. Сформулируйте пять принципов организации интеллектуальных систем управления.

4. Требования, предъявляемые к функциональным характеристикам современных машин и комплексов.

5. В чем проявляется взаимосвязь трех основных направлений разви-тия мехатроники и робототехники.

6. Историческая классификация мехатронных модулей по уровню си-нергетического объединения элементов модулей.

**Тема 3. Технологическое обеспечение мехатронных и робототехнических систем**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студентам необходимо освоить основные понятия, связанные со струк-турной и технологической пирамидами мехатроники: главные структурные части (механика, электроника, информатика) и базовые технологии мехатрони-ки (гибридные технологии электромеханики, цифровые технологии управления движением, технологии автоматизированного проектирования).

При изучении базовых технологий мехатроники студентам необходимо понять концептуальную сущность указанных технологий и аппаратные средства для их реализации.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

*Подготовка к практическим занятиям № 3, № 4*

Практические занятия предполагают применение конструкторов Lego и программных комплексов RoboLab для конструирования мобильных роботов.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Назовите главные части мехатроники.

2. Назовите современные уровни развития базовых частей мехатрон-ных систем.

3. Укажите три гибридные синергетические направления мехатрон-ных систем.

4. Назовите главные базисные технологии мехатроники.

5. Охарактеризуйте современный уровень развития базисных техно-логий.

6. Назовите комбинированные технологии мехатроники.

**Тема 4. Современные требования к мехатронным и робототехническим модулям и системам**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны понимать и формулировать стратегические, тактиче-ские и прикладные уровни требований к мехатронным и робототехническим модулям и системам. Проследить взаимосвязь и взаимообусловленность этих уровней требований.

Студенты должны изучить примеры систем, отвечающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робототехническим модулям и системам.

Студенты должны попытаться сформулировать дополнительные при-кладные требования к мехатронным и робототехническим системам.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

*Подготовка к практическим занятиям № 5, № 6, № 7*

Практические занятия предполагают изучение различных систем, отве-чающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робото-техническим модулям и системам.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Сформулируйте стратегические требования к мехатронным и робо-тотехническим системам.

2. Сформулируйте тактические требования к мехатронным и робото-техническим системам.

3. Сформулируйте прикладные требования к функциональным и структурно-конструктивным показателям мехатронных и робото-технических систем.

4. Приведите примеры систем, отвечающих прикладным требованиям, предъявляемым к мехатронным и робототехническим системам.

**Тема 5. Концепция построения интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем**

1. Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы.

Студенты должны освоить определение интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем, базу построения интеллектуальных систем управления (ситуационное управление и информационные технологии обработки знаний, обобщенную структуру интеллектуальных систем управления).

Кроме того, студенты должны изучить основные принципы проектирования мехатронных систем, познакомиться с общим алгоритмом проектирования мехатронных и робототехнических систем (два этапа функционально-структурного подхода к проектированию мехатронных систем).

Студенты должны изучить основы построения экспертных систем. По-знакомиться с основами автоматизированного проектирования мехатронных систем.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

*Подготовка к практическим занятиям № 8, № 9*

На практических занятиях изучаются функциональные и структурные схемы интеллектуальных мехатронных и робототехнических модулей и систем, а также принципы построения и области применения экспертных систем.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Сформулируйте признаки интеллектуальных систем управления, интеллектуальных мехатронных модулей и систем.

2. Какие современные информационные технологии используются в интеллектуальных системах управления?

3. Опишите основные блоки интеллектуальных систем управления.

4. Сформулируйте две основные идеи, на которых базируются интел-лектуальные системы управления.

5. Сформулируйте понятие «совмещенное (параллельное) проектиро-вание».

6. Объясните суть и значение для мехатроники синергетической инте-грации элементов, входящих в состав системы.

7. Объясните суть модульного принципа проектирования мехатрон-ных систем.

8. Чем объясняется широкое использование в мехатронных системах принципа перераспределения функциональной нагрузки от аппа-ратных модулей к информационным (компьютерным) модулям?

9. Опишите общий алгоритм проектирования мехатронных и робототехнических модулей.

10.Сформулируйте определение экспертной системы.

11.Укажите базовые функции экспертных систем.

**Тема 6. Исполнительные модули мехатронных**

**и робототехнических систем**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны изучить модули движения (мотор-редукторы, мотор-колеса, мотор-шпиндели, пьезоэлектрические модули, бионические модули, ис-кусственную мышцу), мехатронные модули движения (безредукторный пово-ротный стол, автономный ортопедический аппарат), интеллектуальные модули движения (модуль для вальцовочных соединений, транспортный мобильный робот). Особое внимание необходимо обратить внимание на конструкцию и системы управления различных исполнительных модулей.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

*Подготовка к практическому занятию № 10*

На практическом занятии изучаются конкретные примеры модулей дви-жения.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Сформулируйте определения «модуль движения», «мехатронный модуль движения», «интеллектуальный модуль движения» и различия между этими модулями.

2. Принцип действия пьезоэлектрических приводов и бионических модулей движения.

3. Основные элементы интеллектуальных мехатронных модулей дви-жения.

4. Классификация движителей мобильных систем.

5. Примеры модулей движения.

**Тема 7. Измерительно-информационные модули мехатронных и робототехнических систем**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны изучить структурную и функциональную схемы пере-дачи и обработки информации в мехатронных и робототехнических системах: усиления, нормирования (компандирования); фильтрация и преобразование в цифровую форму (дискретизация и квантирование сигнала по времени и коди-рование); устройство связи с объектом; интерфейсы.

Далее студенты должны изучить измерительно-информационные модули различного назначения: механолюминесцентные сенсорные устройства сосредоточенного, распределенного и встроенного типов; двухкоординатный датчик силы микроманипулятора; скоростная путеобследовательская станция. При этом в первую очередь необходимо обратить внимание на принцип действия и структурные схемы измерительно-информационнных модулей.

*Подготовка к практическому занятию № 11*

На практическом занятии изучаются примеры измерительно-информационных модулей различного назначения.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Основные элементы измерительно-информационных модулей.

2. Типовая структурная схема измерительно-информационных моду-лей.

3. Основные типовые операции и преобразования информационных сигналов в измерительно-информационных модулях.

4. Примеры измерительно-информационных модулей.

**Тема 8. Модули управления мехатронными**

**и робототехническими системами**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны изучить особенности постановки задач управления в мехатронике. Принцип построения модулей управления. Иерархия управления в мехатронных системах. Степень интеллектуализации систем управления. Принципы построения интеллектуальных систем. Модули многоуровневых систем управления на исполнительном, тактическом и стратегическом уровнях (на различных слоях интеллектуальности).

Необходимо проанализировать природу (источники) возникновения не-определенностей, связанных с формированием управляющих воздействий (предсказуемые и непредсказуемые неопределенности). Рассмотреть системы управления I и II рода в соответствии с характером неопределенностей в сис-теме управления.

Изучить примеры модулей систем управления исполнительного уровня (адаптивное управление, управление с эталонной моделью, нейросетевое управление, нечеткое управление), тактического уровня (система управления движением робота), стратегического уровня (управление движением человека).

На самостоятельное освоение данной темы отводится 4 часа.

*Подготовка к практическому занятию № 12*

На практическом занятии изучаются системы управления мобильным ро-ботом.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Уровни иерархии управления мехатронными системами.

2. Системы управления I и II рода.

3. Источники неопределенности в мехатронных системах.

4. Четыре слоя обработки неопределенной информации (слои интел-лектуальности).

5. Определение адаптивной системы управления.

6. Определение нечеткой системы управления.

**Тема 9. Технологические мехатронные системы**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны познакомиться с основными методами создания авто-матизированных технологических мехатронных систем: технологическое обеспечение автоматизированных систем. Разработка функционально-структурных схем систем, построение автоматизированных систем управления.

Затем студенты знакомятся с примерами построения мехатронных систем различного технологического назначения: процесс обжига окисленных окаты-шей, система вспомогательного кровообращения.

Далее студенты знакомятся с основными аспектами создания управления для различных способов производства ответственных изделий из титановых и высокопрочных алюминиевых сплавов для нужд различных отраслей машино-строения. Технологическими машинами с параллельной кинематикой (гексапо-ды); их конструктивными особенностями, преимуществами систем управления, сферами применения в металлообрабатывающей промышленности. Мехатрон-ным станочным оборудованием с ЧПУ: пятью вариантами архитектурного ре-шения систем ЧПУ (CNC, PCNC-1, PCNC-2, PCNC-3, PCNC-4); особенностями архитектурных решений, аппаратного уровня и программного обеспечения сис-тем ЧПУ, контроллерами управления движением с открытой архитектурой как программной, так и аппаратной частей контроллера.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

*Подготовка к практическому занятию № 13*

Практическое занятие предполагает изучение мехатронных металлообра-батывающих комплексов.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Какими причинами определяется необходимость перехода к интеллектуальным системам управления кузнечнопрессовыми комплексами?

2. Опишите принципы управления процессом изотермического прес-сования на горизонтальных гидропрессах.

3. Опишите принципы управления процессом изотермической штам-повки на вертикальных гидропрессах.

4. Опишите принципы управления процессом гидрорастяжения коль-цевых заготовок на гидропрессе.

5. Опишите конструктивные особенности машин с параллельной ки-нематикой (гексаподов).

6. Укажите основные преимущества гексаподов перед другими техно-логическими машинами.

7. Укажите основные тенденции построения интеллектуальных кон-троллеров управления движением технических систем.

8. Какие задачи решает система ЧПУ?

9. Какие имеются архитектурные решения систем ЧПУ?

10.Что такое «открытая архитектура» систем ЧПУ?

**Тема 10. Роботы и робототехнические системы**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты изучают краткую историю развития робототехники. Классифи-кацию роботов по назначению, конструктивным признакам, способу управле-ния, быстродействию и точности движений. Интеллектуальные робототехниче-ские системы для бытового применения, медицинского обслуживания, досуга и развлечений, военного назначения. Промышленные робототехнические систе-мы и комплексы: сборочные, технологические, кузнечно-прессовые, литья под давлением. Экстремальную робототехнику в промышленности, космосе, подводных роботах. Биоробототехнику, микроробототехнику: микросистемные технологии, микроэлектромеханические системы, микророботы, микротехнологические модули.

В результате изучения данной темы у студентов должно выработаться це-лостное представление о роботах и робототехнических системах самого раз-личного применения, принципах их построения.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Опишите краткую историю робототехники.

2. Приведите примеры удачной роботизации различных сфер деятель-ности человека.

3. По каким признакам производится классификация робототехники?

4. В чем состоит особенность построения и применения промышлен-ных и робототехнических систем?

5. Рассмотрите перспективы специальной робототехники: космиче-ской, биологической, медицинской, экстремальной.

6. Назовите основные этапы развития микроробототехники.

7. Каковы перспективы развития микросистем?

8. Раскройте основные способы построения стационарных микросис-тем.

9. Какие типы приводов используют в мобильных микророботах?

10.Укажите основные области применения интеллектуальных роботов.

**Тема 11. Транспортные мехатронные и робототехнические системы**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты изучают транспортные и робототехнические системы различ-ного назначения. Железнодорожный транспорт: многофункциональный ком-плекс технических средств контроля состояния подвижного состава, инженер-но-техническое оснащение высокоскоростного подвижного состава (вагоны, локомотивы, ходовые части подвижного состава, тормозное оборудование, уст-ройства наклона кузова вагона). Инерционный накопитель энергии для тяговой цепи. Автомобильный транспорт: системы активной безопасности. Воздушный и водный транспорт: система автоматического управления самолетом (автопи-лот), дирижабли, автономные подводные аппараты. Нетрадиционные транс-портные системы: транспорт с магнитным подвешиванием (магнитопланы), но-вая железнодорожная транспортная система (система автономных экипажей), трубопроводный транспорт.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 8 часов.

*Подготовка к практическим занятиям № 15, № 16*

На практическом занятии изучается инженерно-техническое оснащение высокоскоростного железнодорожного транспорта и нетрадиционных транс-портных систем.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Укажите основные сферы применения мехатронных систем на же-лезнодорожном транспорте.

2. Оцените уровень интеллектуальности железнодорожных систем (включая скоростной и высокоскоростной транспорт).

3. Укажите основные направления применения мехатронных систем в области локомотиво- и вагоностроения (включая рельсовые автобу-сы).

4. Оцените эффективность и перспективы применения накопителей энергии на железнодорожном транспорте.

5. Основные направления применения мехатронных систем на авто-мобильном транспорте.

6. Дайте общую характеристику систем активной безопасности дви-жения автомобилей.

7. Какие существуют виды нетрадиционного транспорта?

8. Проанализируйте перспективы применения новой транспортной системы, предложенной в университете Падеборна (Германия).

9. Оцените перспективы высокоскоростного транспорта на магнитной подвеске.

10. Объясните принцип работы автопилота.

11. Каковы перспективы применения нейроконтроллеров в авиационном транспорте? Какими обстоятельствами диктуется необходимость их применения?

12. Для решения каких задач целесообразно применять дирижабли?

13. Сформулируйте тенденции развития дирижаблестроения.

14. В чем специфика управления дирижаблями?

15. Какие задачи призваны решать автономные подводные аппараты?

16. В чем специфика задач управления автономными подводными ап-паратами?

**Тема 12. Большие современные мехатронные системы**

**различного назначения**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Вначале студенты знакомятся с особенностями управления большими со-временными мехатронными системами. Далее студенты изучают примеры реа-лизации управления большими современными мехатронными системами: кол-лективное управление группой роботов, дистанционное управление мобильны-ми мехатронными и робототехническими системами посредством сети Интер-нет, макромоделью активного управления магистральными системами желез-нодорожного транспорта, интеллектуальной электроэнергетикой.

На самостоятельное освоение данной темы отводится 10 часов.

*Подготовка к практическим занятиям № 17*

На практическом занятии изучается система активного управления дви-жением автомобильного и железнодорожного транспорта.

*Контрольные вопросы по теме*

1. Опишите общую структурную схему мобильных робототехниче-ских систем.

2. Опишите обобщенную структуру управления робототехническими системами.

3. В чем состоит основная идея метода локального слежения за дви-жущимися объектами?

4. Опишите структурную схему и основные элементы следящей сис-темы технического зрения (ССТЗ).

5. Опишите обобщенную схему системы дистанционного управления мобильным роботом по сети Интернет.

6. Какие основные идеи закладываются в систему активного управле-ния транспортной сетью (АУТС).

7. Объясните схему работы АУТС.

8. Основные элементы Европейской системы управления движением железнодорожного транспорта (ETCS).

9. Объясните основные аспекты построения и практического приме-нения интеллектуальных сетей энергоснабжения.

10. Укажите ключевые различия между существующими в настоящее время и проектируемыми интеллектуальными сетями энергоснаб-жения.

**Тема 13. Перспективные задачи и направления развития**

**мехатроники и робототехники**

*Изучение теоретического материала при помощи учебной литературы*

Студенты должны сформулировать перспективные направления развития мехатронных и робототехнических систем: интеллектуализация систем управ-ления технологическими комплексами различного назначения (металлообра-ботка, транспорт, электроэнергетика), развитие микроэлектромеханических систем (микроробототехника, биоробототехника), создание самодостаточной системы интеллектуальных многофункциональных мехатронных машин для реконфигурируемого производства (построенного по принципу клеточного строения живых организмов из многофункциональных ячеек).

*Подготовка к практическому занятию № 18*

На практическом занятии рассматриваются перспективы развития микро-робототехники.

*Контрольные вопросы по теме*

1. В каком направлении должна продвигаться интеллектуализация управления технологических металлообрабатывающих комплек-сов?

2. За счет каких технических средств может осуществляться интел-лектуализация робототехнических систем?

3. Какие виды транспортных систем нуждаются в модернизации?

4. Каковы перспективы развития микросистем?

5. Опишите новые служебные и функциональные задачи мехатроники и робототехники. Приведите примеры задач.

6. Дайте описание новых кинематических структур и конструктивных компоновок многокоординатных машин.

7. Поясните перспективы развития интеллектуальных мехатронных и робототехнических систем.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Готлиб Б. М., Вакалюк А. А. Введение в специальность «Мехатроника и робототехника»: курс лекций. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2012. – 134 с.

2. Готлиб Б. М. Введение в мехатронику: учеб. пособие: в 2 т. Т.2. Проекти-рование и применение мехатронных модулей и систем. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. – 302 с.

3. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. посо-бие. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

4. Готлиб Б. М. Введение в мехатронику: учеб. пособие: в 2 т. Т.1. Концеп-туальные основы мехатроники. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. –521 с.