

---

# Лекция 1

по дисциплине:  
**«САПР компонентов  
мехатронных модулей»**

тема: Общие понятия о проектировании  
мехатронных систем

---

# Литература основная

- **Готлиб Б.М.** Проектирование мехатронных систем. Часть 1. Информационная поддержка процесса проектирования мехатронных систем: курс лекций для студентов специальности «Мехатроника». – Екатеринбург: УрГУПС, 2007. – 115 с.
- **Ли К.** Основы САПР (CAD/CAM/CAE). – СПб.: Питер, 2004. – 560 с.
- **Норенков И.П., Кузьмик П.К.** Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002 . – 320 с.
- **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
- **Степанов В.В., Демовская Н.В.** Основы MicroStation V8i. Учебный курс. М.: КАД Хауз., 2004 г. – 132 с.

# Литература дополнительная

- **Додонов А.В.** Лекции по дисциплине «САПР мехатронных систем».
- **Егоров О.Д., Подураев Ю.В.** Мехатронные модули. Расчет и конструирование: Учеб. пособие. – М: МГТУ «СТАНКИН», 2004. – 360 с.
- **Жуков А.В.** Мехатронный модуль малых перемещений.// Материалы международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров», посвященной 145-летию МГТУ «МАМИ».
- **Костюк В.И., Гавриш А.П., Ямпольский Л.С., Карлов А.Г.** Промышленные роботы. Конструирование, управление, эксплуатация. – Киев: Высшая школа, 1995. – 359 с.

# Основные понятия и определения

- В настоящее время **ГОСТ 22487-77** установлены основные термины и определения в области автоматизированного проектирования.
- **Проектирование** – процесс создания описаний нового или модернизируемого технического объекта (изделия, процесса), достаточных для изготовления или реализации этого объекта в заданных условиях.

- Такие **описания**, называемые **окончательными**, представляют собой комплект конструкторской и технологической документации в виде чертежей, пояснительных записок, спецификаций, программ для технологических автоматов и т. п.
- Процесс заключается в выполнении комплекса работ
  - исследовательского,
  - расчетного,
  - конструкторского характера,имеющих целью преобразование исходного описания в окончательные описания.

**Исходное описание** – техническое задание, отражающее назначение и основные требования к проектируемому объекту.

- Процесс проектирования может быть неавтоматизированным и автоматизированным.

- **Неавтоматизированное проектирование** – это проектирование, при котором все преобразования описания объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представление описаний на различных языках осуществляются человеком.
- **Автоматизированное проектирование** – это проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования или алгоритма процесса, а также представления описаний на различных языках осуществляются при взаимодействии человека и ЭВМ.
- Система, реализующая автоматизированное проектирование, представляет собой систему автоматизированного проектирования – **САПР** (CAD – *Computer Aided Design*)

- **Степень автоматизации** проектирования оценивается долей  $\delta$  проектных работ, выполняемых на ЭВМ без участия человека, в общем объеме проектных работ. При  $\delta=0$  проектирование *неавтоматизированное*, а при  $\delta=1$  – *автоматическое*.
- Для автоматизированного проектирования характерны рациональное распределение функций между человеком и ЭВМ и обоснованный выбор моделей и методов для автоматизированных процедур.
- **Инженерное проектирование** начинается при наличии выраженной потребности в некоторых технических объектах. Результатом проектирования служит полный комплект документации, содержащей сведения, достаточные для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть проект – окончательное описание объекта

- 
- **Процесс проектирования имеет две основные особенности.**

Во-первых, состав и последовательность его этапов не зависят от целевого назначения проекта.

Во-вторых, логика процесса проектирования инвариантна к способу проектирования – традиционному или автоматизированному.

# Системный подход к проектированию

- **Принцип системного подхода** заключается в рассмотрении частей сложной системы с учетом их взаимодействия.
- **Системный подход** включает в себя:
  - выявление структуры системы,
  - типизацию связей,
  - определение свойств (атрибутов) системы,
  - анализ влияния внешней среды.

**Системотехника** – техническая дисциплина, в которой исследуются сложные технические системы и их проектирования.

При проектировании сложной технической системы можно выделить **три основных подхода к процессу проектирования**: 1) структурный, 2) блочно-иерархический, 3) объектно-ориентированный

# Структурный подход

- При **структурном подходе** требуется синтезировать варианты системы из компонентов (блоков, модулей) и оценить эти варианты (предварительно спрогнозировав характеристики компонентов).
- Данный **подход основан** на идее алгоритмической декомпозиции, где каждый блок (модуль) системы выполняет один из этапов общего процесса.

# Блочно-иерархический подход

Данный **подход использует** идеи декомпозиции описания сложных объектов на иерархические уровни, **вводит понятие** стиля проектирования (восходящее, нисходящее), **устанавливает** связь между параметрами соседних иерархических уровней.

При блочно-иерархическом подходе к проектированию представление о проектируемой системе расчленяют на **иерархические уровни**.

На **верхнем уровне** используют только самые общие черты и особенности проектируемой системы.

На **следующих** – степень подробности описания возрастает (при этом рассматриваются уже отдельные блоки системы с учётом их взаимодействия), что позволяет на каждом иерархическом уровне формулировать задачи приемлемой сложности.

- Характерные иерархические уровни.
- **Системный уровень.** Здесь решаются наиболее общие задачи проектирования систем, машин и процессов. Результаты проектирования представляют в виде функциональных, принципиальных и кинематических схем, генеральных планов, схем размещения оборудования и т.п.
- **Макроуровень.** При этом проектируют отдельные устройства, узлы машин и приборов. Результаты представляют в виде функциональных, принципиальных и кинематических схем, сборочных чертежей и т.д.
- **Микроуровень.** Проектируют отдельные детали и элементы машин и приборов.

- В зависимости от последовательности решения задач иерархических уровней различают **нисходящее, восходящее и смешанное** проектирование (стили проектирования).

**Восходящее** проектирование предполагает решение задач от нижних уровней к верхним. **Нисходящее** проектирование – от верхних к нижним. **Смешанный** стиль имеет элементы как восходящего, так и нисходящего проектирования.

В большинстве случаев для сложных систем предпочтение отдают нисходящему проектированию, часто используют смешанное.

**Итерационность проектирования** заключается в следующем.

Неопределённость и нечёткость исходных данных при нисходящем проектировании (так как ещё не спроектированы компоненты) или исходных требований при восходящем проектировании (поскольку техническое задание имеется на всю систему, а не на её части) обуславливают необходимость прогнозирования недостающих данных с последующим их уточнением, т.е. последовательного приближения к окончательному решению.

- 
- Наряду с декомпозицией описаний на иерархические уровни применяют разделение представлений о проектируемых объектах на аспекты.

**Аспект описания (страта)** – описание системы или её части с некоторой оговоренной точки зрения, определяемой функциональными, физическими или иного типа отношениями между свойствами и элементами.

Различают **функциональный, информационный, структурный** и **поведенческий** (процессный) **аспекты**.

- **Функциональное описание** относят к функциям системы и чаще всего представляют его функциональными схемами.
- **Информационное описание** включает в себя основные понятия предметной области (*сущности*), словесное описание или числовые значения характеристик (*атрибутов*) используемых объектов, а также описание связей между этими понятиями и характеристиками. Информационные модели можно представлять графически (графы, диаграммы «сущность-отношение»), в виде таблиц или списков.

- **Структурное описание** относится к морфологии системы, характеризует составные части системы и их межсоединения, может быть представлено структурными схемами, а также различного рода конструкторской документацией.
- **Поведенческое описание** характеризует процессы функционирования (алгоритмы) системы и (или) технологические процессы создания системы.

В общем случае выделение страт может быть неоднозначным. Поэтому кроме указанного подхода целесообразно выделять такие аспекты, как **функциональное** (разработка принципов действия, структурных, функциональных, принципиальных схем), **конструкторское** (определение форм и пространственного расположения компонентов изделий), **алгоритмическое** (разработка алгоритмов и программного обеспечения) и **технологическое** (разработка технологических процессов) проектирования систем.

# Объектно-ориентированный подход

- Рассматривает сложную систему как совокупность взаимодействующих друг с другом объектов, каждый из которых является экземпляром определённого класса.
- Такой подход наиболее перспективен при проектировании сложных систем.

# Стадии проектирования

- В проектировании принято выделять **стадии**:
  - научно-исследовательских работ,
  - опытно-конструкторских работ,
  - технического проекта,
  - технического предложения,
  - технического проекта,
  - рабочего проекта,
  - испытаний опытного образца.

- На стадии **научно-исследовательских работ** выполняется следующее:
  - изучаются потребности в получении новых изделий с заданным целевым назначением,
  - исследуются физические, информационные, конструктивные и технологические принципы построения изделий и возможности реализации этих принципов,
  - прогнозируются значения характеристик и параметров объектов.

**Результатом является** формулировка технического задания на разработку объекта.

Оно включает цель создания и назначение объекта, технические требования, режимы и условия работы, области применения, увязку параметров с типажом, информацию об экспериментальных работах, сравнительную оценку технического уровня и др.

- На основании технического задания разрабатывается **техническое предложение** – совокупность документов, отражающих технические решения, принятые в проекте.
- В него включаются:
  - результаты функционально-физического и стоимостного исследований,
  - указания и обоснования по выполняемым функциям, физическим принципам действия, целесообразности использования тех или иных решений,
  - сравнительная оценка этих решений по техническим, экономическим, технологическим, экологическим и другим показателям.

- На стадии **опытно-конструкторских работ** создается эскизный проект изделия, представляющий собой совокупность графической и текстовой документации, на основании которой можно получить общее представление о следующем:
  - устройстве,
  - принципе работы,
  - назначении,
  - основных параметрах и габаритных размерах проектируемого изделия,
  - компоновке как машины в целом, так и ее основных узлов.

При разработке эскизного проекта проверяются, конкретизируются и корректируются принципы и положения, установленные на стадии научно-исследовательских работ.

- На стадии **технического проекта** разрабатывается более детализированная графическая и текстовая документация, дающая полное и окончательное представление об устройстве, компоновке машины и всех ее узлов.

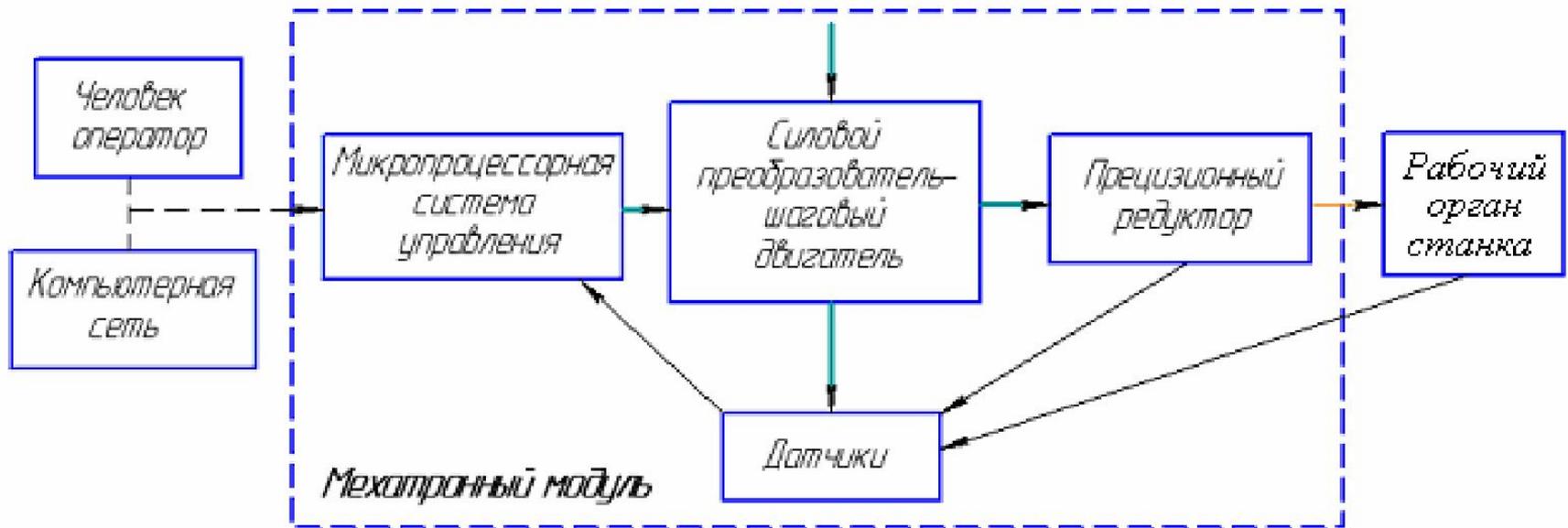
В технический проект включают все необходимые расчеты (динамические, прочностные и т.д.).

На стадии **рабочего проекта** создается полный комплект конструкторско-технологической документации, достаточный для изготовления объекта.

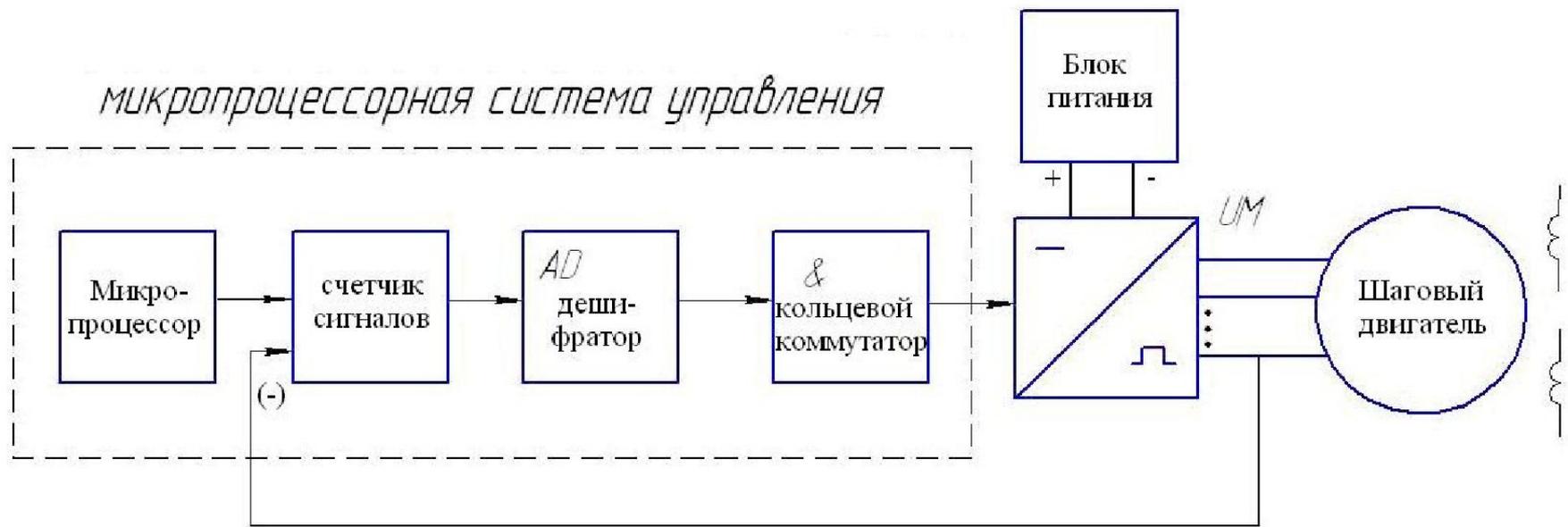
- На стадии **испытаний** получают результаты, позволяющие выявить возможные ошибки и недоработки проекта, принимаются меры к их устранению.

В ходе проектирования вырабатываются **проектные решения** – описания объекта или его составной части, достаточные для рассмотрения и принятия заключения об окончании проектирования или путях его продолжения.

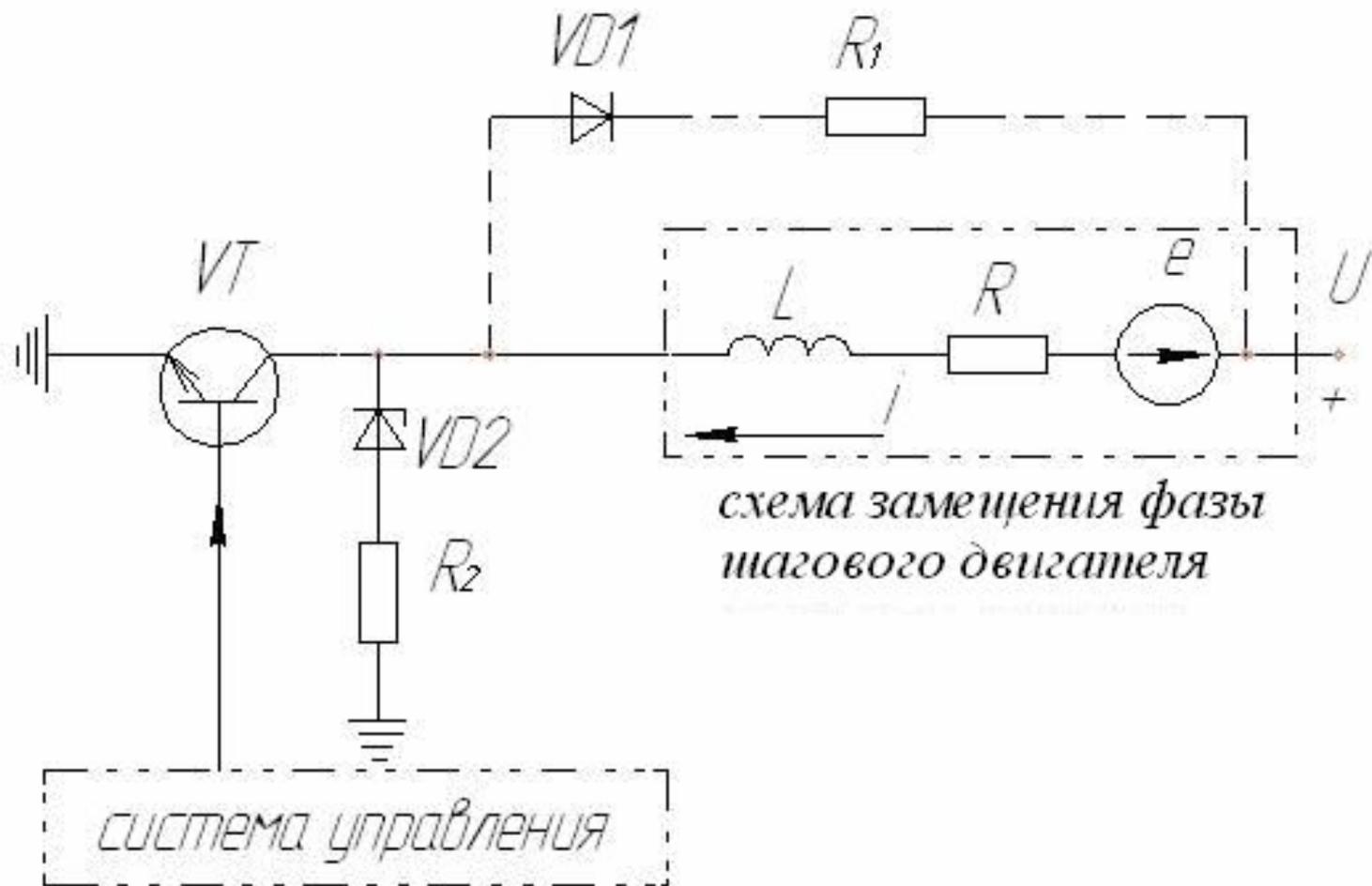
# Пример 1. Проектирование мехатронного модуля малых перемещений



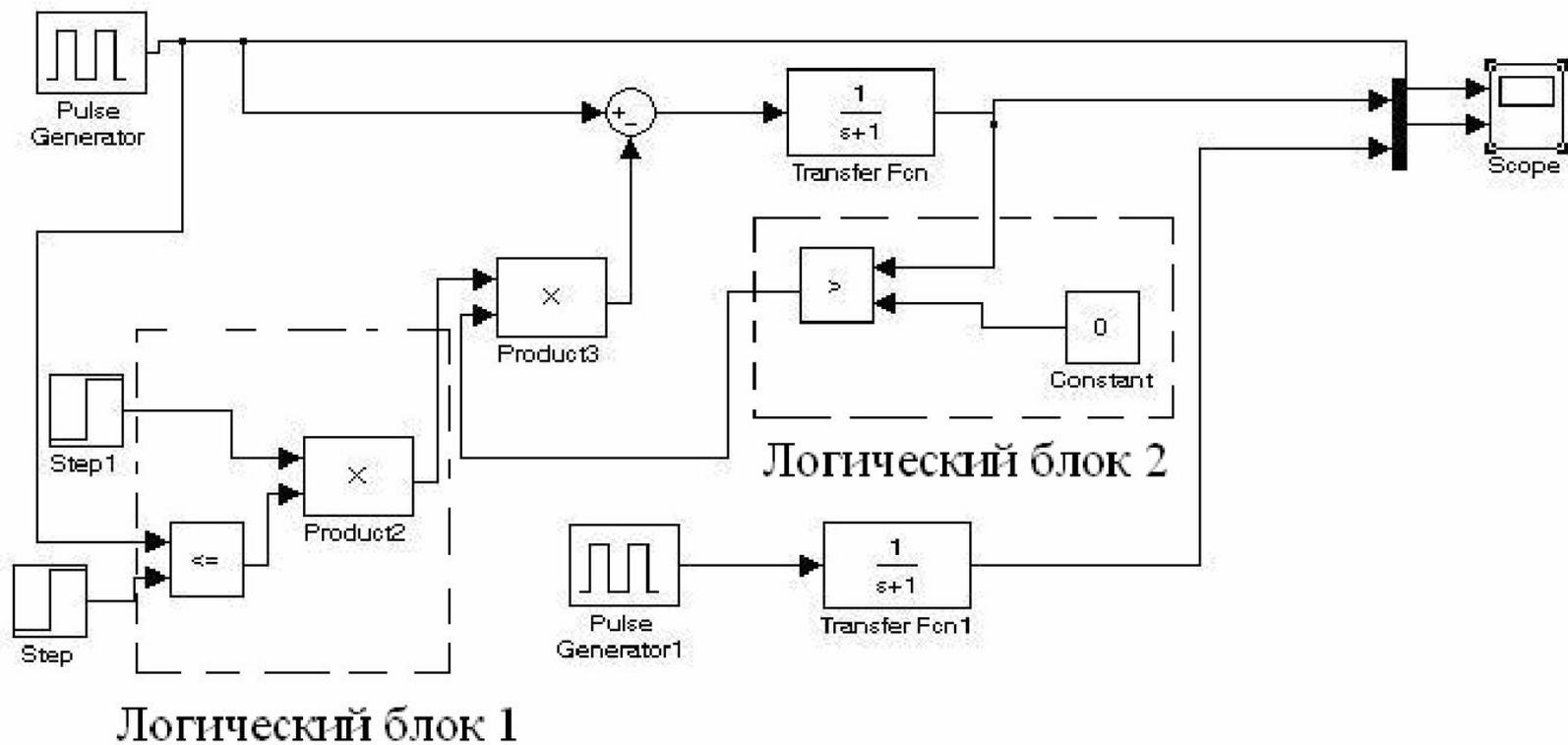
**Рисунок 1.** Функциональная схема мехатронного модуля малых перемещений



**Рисунок 2.** Система управления шаговым двигателем



**Рисунок 4.** Расчетная схема силовой части системы



**Рисунок 5.** Модель системы в среде Simulink

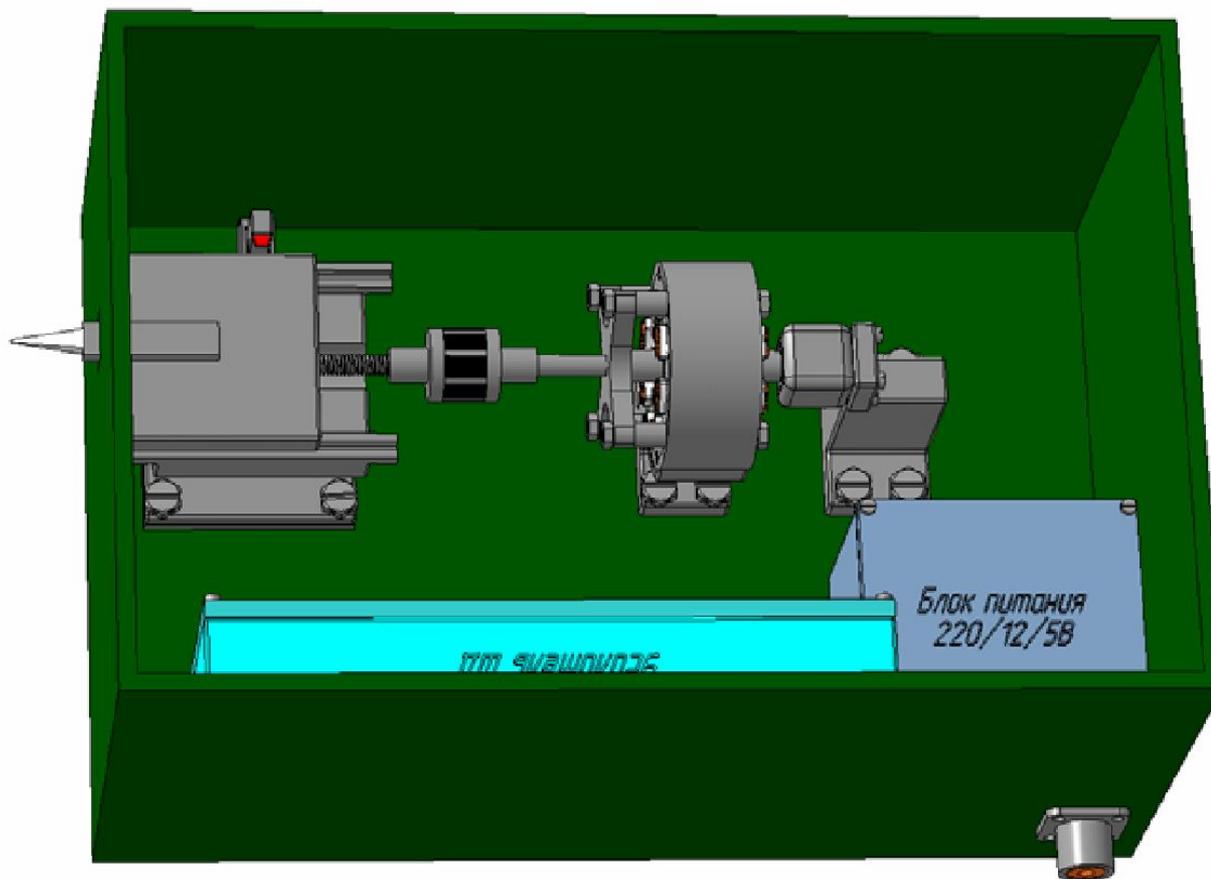
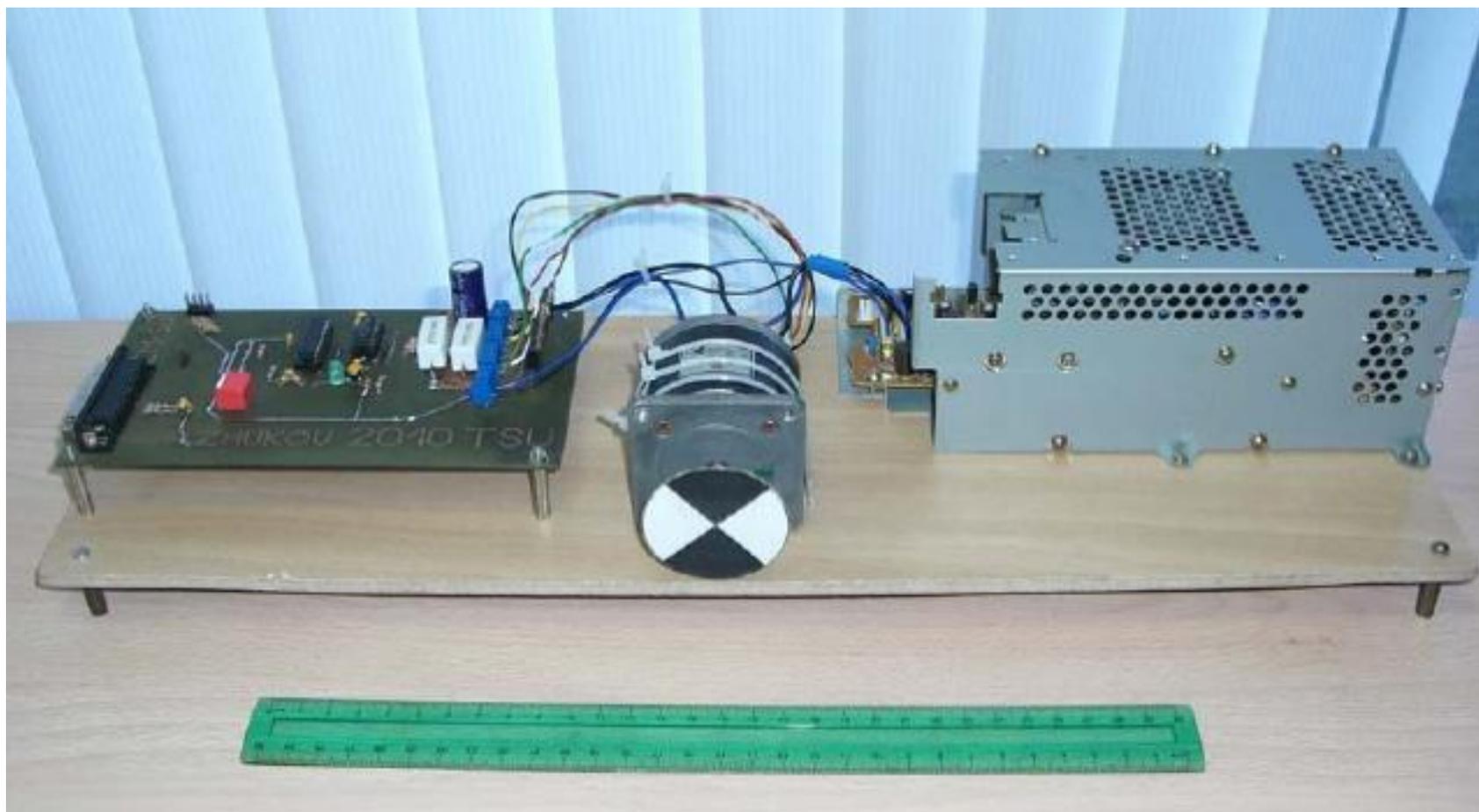


Рисунок 7. 3D-модель мехатронного модуля



**Рисунок 8.** Макетный образец мехатронного модуля

---

Спасибо за внимание

---