
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 δ 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

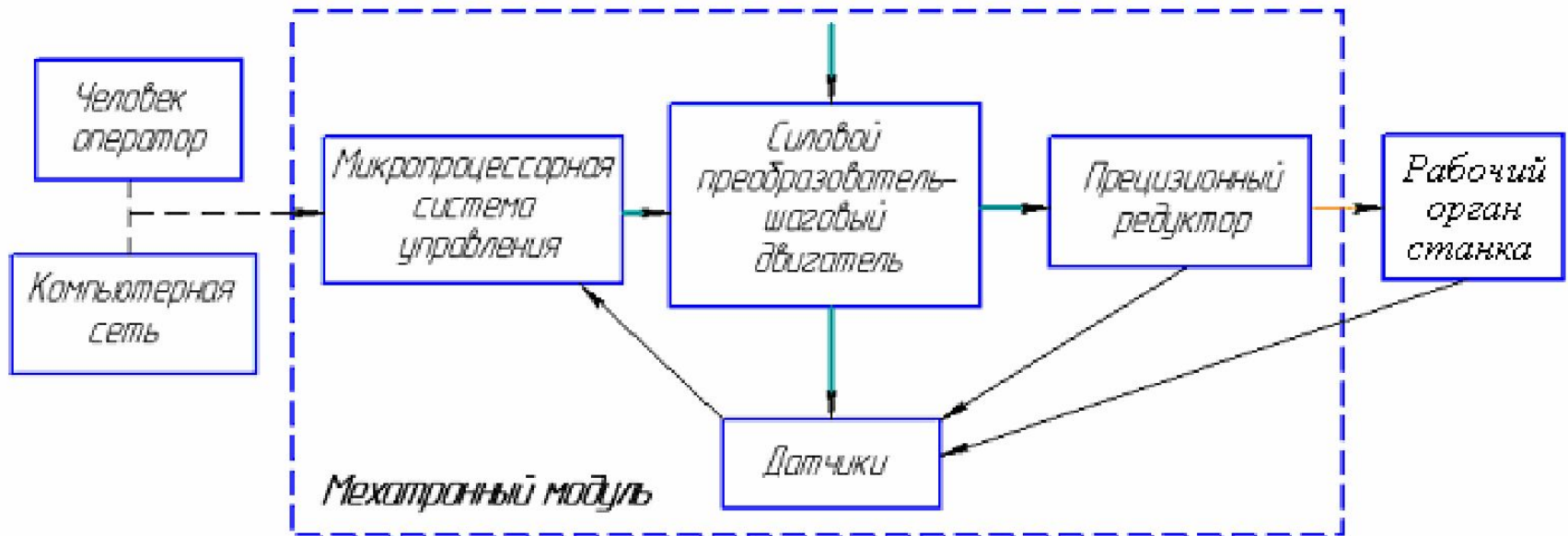


Рисунок 1. Функциональная схема мехатронного модуля малых перемещений

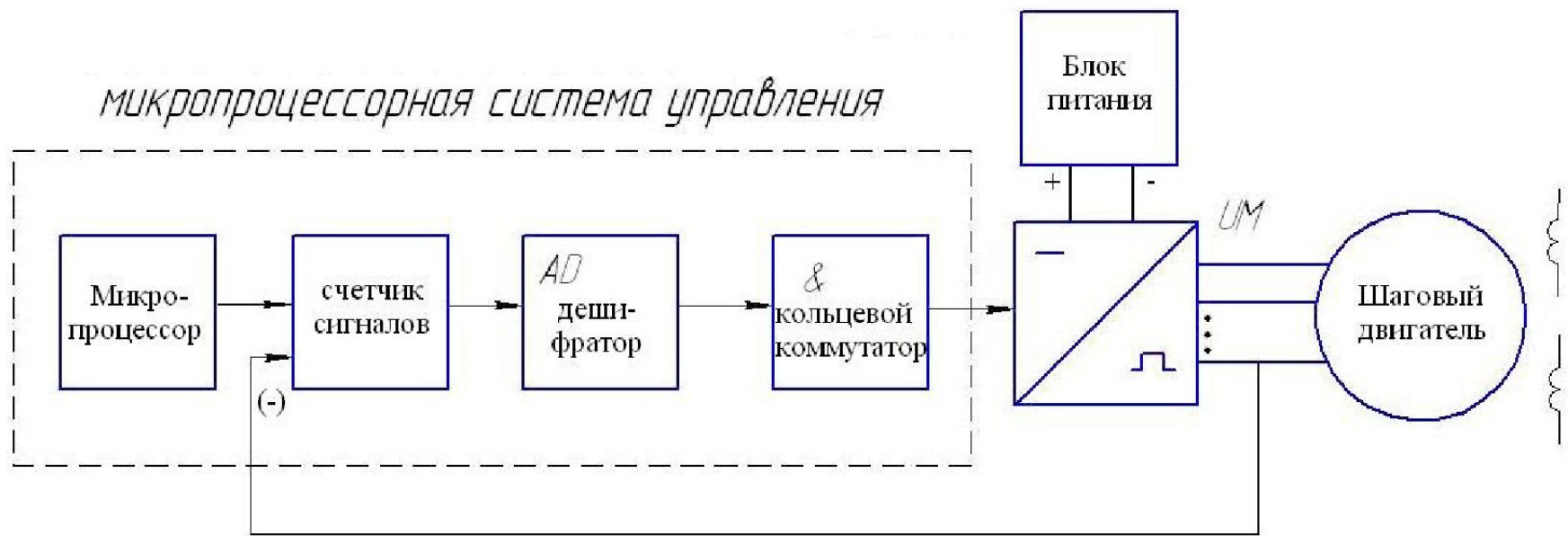


Рисунок 2. Система управления шаговым двигателем

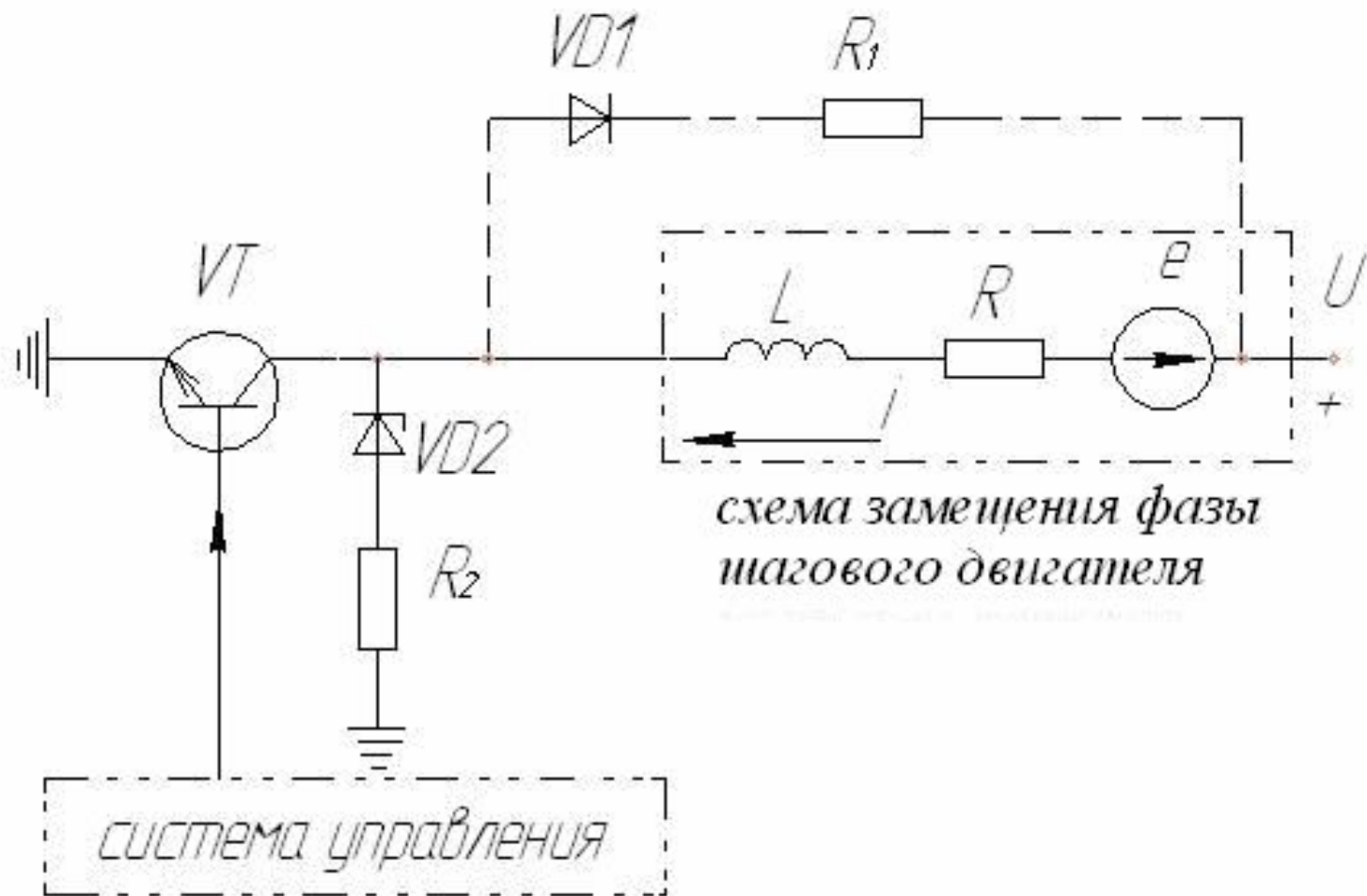


Рисунок 4. Расчетная схема силовой части системы

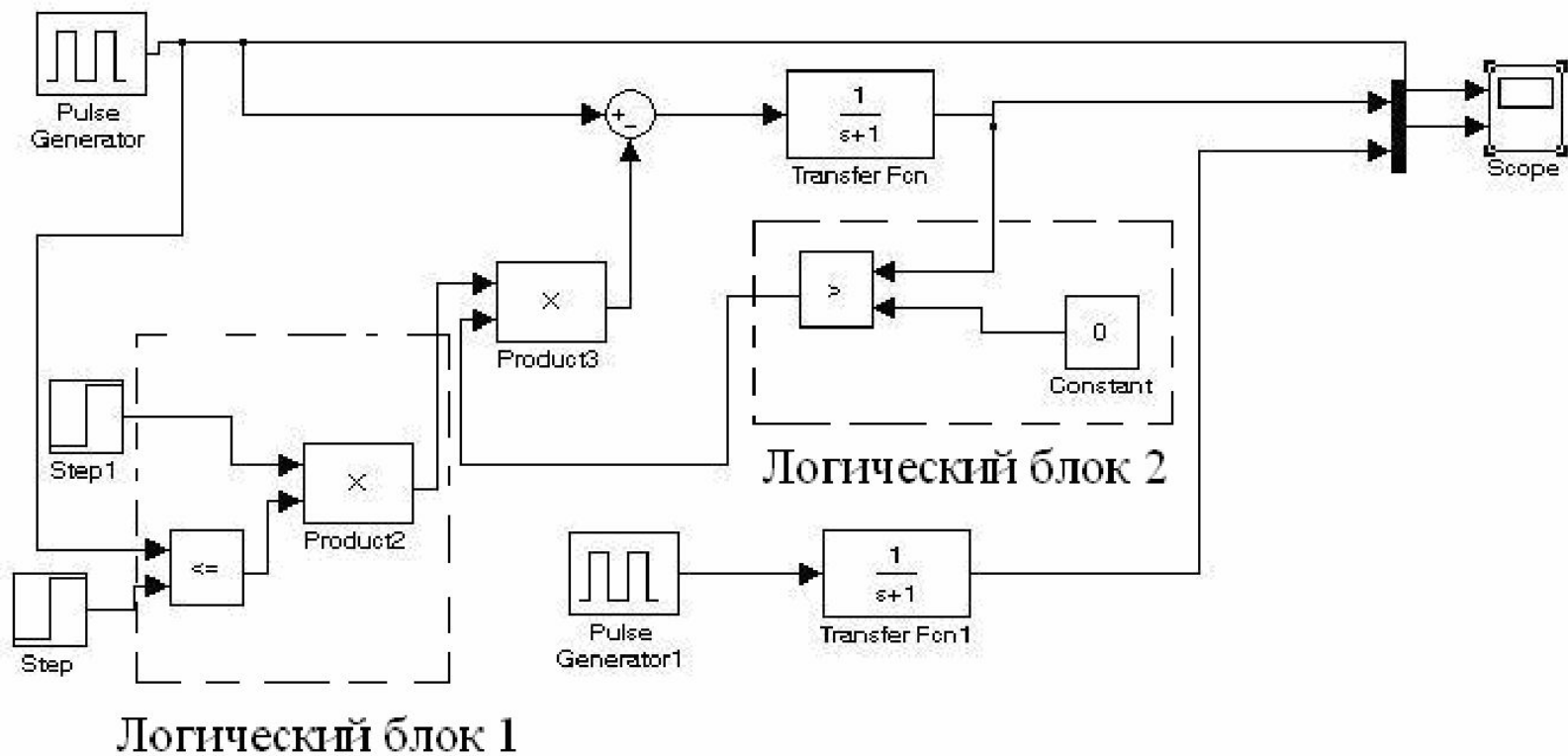


Рисунок 5. Модель системы в среде Simulink

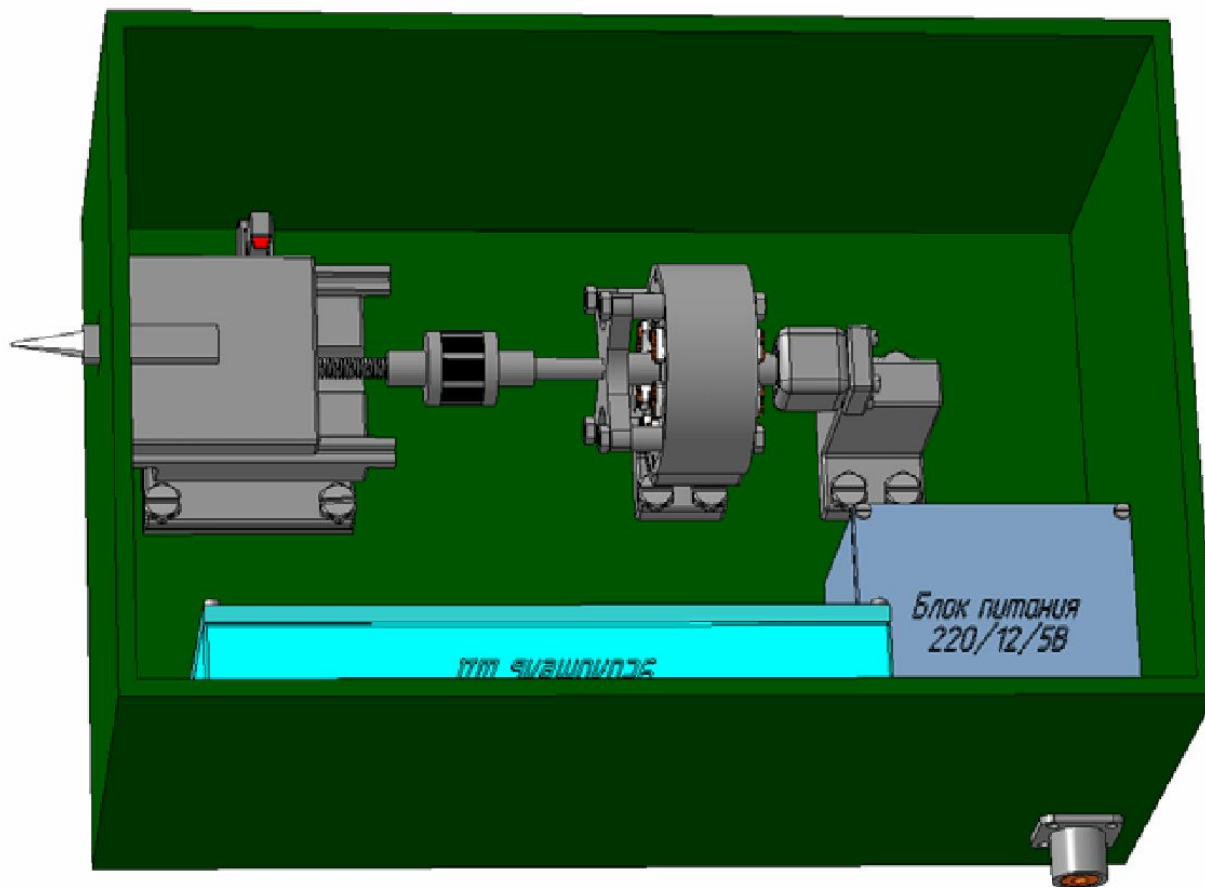


Рисунок 7. 3D-модель мехатронного модуля



Рисунок 8. Макетный образец мехатронного модуля

Спасибо за внимание
