

*Жусупова С.Е.*

*Магистрант*

*Научный руководитель*

*Дайч Л.Е. старший преподаватель*

*Карагандинский Технический Университет*

*Казахстан, Караганда*

**«АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MATLAB  
SIMULINK И MBTU СЦЕЛЬЮ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ДЛЯ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

***Аннотация***

*Развитие современных компьютерных технологий привело к изменениям в подходах к проектированию сложных технических систем. Ведущие компании в области разработки автоматизированных комплексов широко используют имитационное моделирование. Моделирование позволяет проверять результаты проектирования, прогнозировать поведение системы и устранять риски сбоев на этапе проектирования. Современные программные решения в области компьютерной прикладной инженерии позволяют инженерам точно повторять реальные физические процессы. В статье рассматривается пакет программ MatLab Simulink и MBTU с точки зрения универсальной среды моделирования технических систем. Рассматривается вопрос об актуальности использования Simulink и Matlab в качестве инструментария современного инженера.*

***Ключевые слова:*** *моделирование технических систем, MatLab, Simulink, программный комплекс, системы автоматического управления, моделирование, оптимизация, анализ, синтез*

*Zhusupova S.E.*  
*Master's student*  
*Scientific supervisor Daich L.I., Senior Lecturer*  
*Karaganda Technical University*  
*Kazakhstan, Karaganda*

**«Analysis of MATLAB SIMULINK and MVTU software in order to justify  
the choice for the study of dynamic systems»**

*Abstract.* The development of modern computer technology has led to changes in the design of complex technical systems. Simulation is widely used by leading companies in the development of automated systems. Simulation allows you to check the design results, predict the behavior of the system and eliminate the risk of defects at the design stage. Modern software solutions in the field of computer applied engineering allow engineers to accurately reproduce specific physical processes. The article considers the MatLab Simulink and MVTU software package from the point of view of a universal environment for modeling technical systems. The relevance of using Simulink and Matlab as modern engineering tools is considered. The article also discusses the validity of the model approach in the development of control systems for specific objects. Two experimentally validated research programs were then used. The experiment showed good repeatability of the software and revealed the limitations of using the simulation method.

**Keywords:** modeling of technical systems, MatLab, Simulink, MVTU, software, automatic control systems, analysis, comparison.

**Введение**

Моделирование представляет собой сложный процесс, целью

которого является создание представления о поведении той или иной системы при вариациях её параметров. Под моделированием на практике понимают адекватную замену исследуемого технического устройства или процесса соответствующей математической моделью и ее последующее изучение известными методами. Модель не является точной копией объекта или системы, и моделирование подразумевает пренебрежение какими-либо процессами, происходящими в реальности. Однако моделирование широко применяется для изучения основных процессов. Кроме того, замена реального объекта его моделью дает большие преимущества для исследования.

В настоящее время на рынке программного обеспечения существует множество программных приложений для моделирования технических систем. Есть планы по моделированию всех любых технических систем и систем с тонким опытом. В соответствии с такими важными показателями производительности программ, как назначение и производительность, структура библиотек и приложений, принципы построения моделей, методы интеграции, методы визуализации результатов, мы представляем структурное планирование Классификации моделирования технических систем.



Рисунок 1. Структурная схема классификации программ моделирования  
технических систем

Так называемые "классические" программы, такие как Mathematica, Maple, MathCAD, хорошо адаптированы к вычислениям, выполняемым в области естественных наук цикла, когда настраивается модель, и анализу формы. В данном случае программа состоит из написания относительно небольшой программы, причем с точки зрения объема, которая в основном касается макрооператоров. Компоненты модели, разработка программ почти полностью находятся в центре внимания численных экспериментов. На данный момент они существуют в процессе проектирования, технических средствах и системах. Является универсальной моделью, может быть выполнен дизайн программ, которые не ориентированы на конкретную область применения модели, дизайн технической системы в MatLab и MBTU программный пакет для анализа.

## **2. Материалы и методы**

В качестве объекта исследования был выбран реверсивный тиристорный электропривод ВТУ-3601.

В качестве программного обеспечения для моделирования были выбраны MatLab Simulink и MBTU.

Следует обратить внимание на систему структурно-имитационного моделирования – пакет Simulink системы MatLab благодаря широкой библиотеке и огромном количестве блоков. Пакет Simulink предназначен для моделирования динамических систем, модели которых состояются из отдельных блоков. В этом пакете реализована идея АВМ (аналоговых вычислительных машин), в которых источником информации являются реальные сигналы, а система представляет собой различные функциональные блоки, соединенные между собой. Вместе с базовой системой MatLab пакет Simulink становится мощным средством имитационного моделирования различных систем. Сильная сторона Simulink в огромном выборе библиотек, которые постоянно пополняются,

предназначенных для построения различных видов моделей.

Целью исследования будет являться анализ и сопоставление результатов программного обеспечения MatLab Simulink и МВТУ для исследования динамических систем.

Среди программных продуктов, используемых для исследования и проектирования систем автоматического управления (САУ) наиболее известны система MatLab и входящие в ее состав пакеты Simulink, Control System, Robust Control и др. [1, 2], а также продукты и МВТУ.

Matlab - это пакет приложения, программа позволит решать многие технические задачи с помощью математического моделирования с использованием одноименного языка программирования. Это список функций, которые выполняет Matlab широк: для решения задач визуализации задач практически из всех областей математики, разработки алгоритмов и обработки данных.

Язык, инструментарий и встроенные математические функции позволяют исследовать различные подходы и получать решение быстрее, чем с использованием электронных таблиц или традиционных языков программирования, таких как C/C++ или Java.

Matlab широко используется в таких областях, как:

- обработка сигналов и связь;
- обработка изображений и видео;
- системы управления;
- автоматизация тестирования и измерений;
- финансовый инжиниринг;
- вычислительная биология.

Simulink – это инструмент для имитирования и анализа динамических систем, в виде графов при помощи блок-схем из различных библиотек. При его использовании пользователь ощущает простоту и удобство, так как реализован принцип визуального программирования. Возможность модернизации и создания собственных библиотек позволяет решать большое количество задач, таких как разработка модели, проверка и генерация кода, а также тестирование сложной системы. Готовые результаты могут иметь вид таблиц или графиков.

Сама компания MathWorks выделяет следующие особенности Simulink:

- Интерактивная графическая среда для построения блок-диаграмм;
- Расширяемая библиотека готовых блоков;
- Удобные средства построения многоуровневых иерархических многокомпонентных моделей;
- Средство навигации и настройки параметров сложных моделей - Model Explorer;
- Средства интеграции готовых C/C++, FORTRAN, ADA и Matlab - алгоритмов в модель, взаимодействие с внешними программами для моделирования;
- Современные средства решения дифференциальных уравнений для непрерывных, дискретных, линейных и нелинейных объектов (в т.ч. с гистерезисом и разрывами);
- Имитационное моделирование нестационарных систем с помощью решателей с переменным и постоянным шагом или методом управляемого из Matlab пакетного моделирования;

- Удобная интерактивная визуализация выходных сигналов, средств настройки и задания входных воздействий;
- Средства отладки и анализа моделей;
- Полная интеграция с Matlab, включая численные методы, визуализацию, анализ данных и графические интерфейсы.

Основными преимуществами Simulink является его интеграция со средой Matlab, где пользователь может создать библиотеку, а подпрограммы написаны на разных языках программирования.

Актуальность использования Simulink обусловлена широким спектром возможностей, удобством и простотой использования. При этом интегрированность в Matlab проводит зависимость между использованием Simulink'а и Matlab. Чтобы ответить на вопрос «Актуален ли Simulink?» надо понимать, что это за конкуренты у него были вообще. Сам Simulink, как мы говорили ранее, относится к блочной модели, дизайну пакета (у меня много физических моделей в дизайне пакета, и пакет ориентирован на гибридный быстрый режим). Формат блока, дизайн, упаковка, очень подходящие для дизайна самых сложных моделей и, благодаря их простоте, могут быть выполнены даже неопытным пользователем. Еще одним преимуществом является эффективность реализации базовых блоков и простота построения и таким же образом. Однако из-за сложности проектирования модели необходимо построить вместо громоздкого многоуровневого потока, который не отражает естественную структуру моделируемой системы. Другими словами, этот подход хорошо работает, когда происходит формирование подразделения.

"Моделирование в технических устройствах (ПК «МВТУ»)), который по своим возможностям является альтернативой пакету имитационного моделирования Simulink. Как и в пакете Simulink, в ПК «МВТУ» принято представление математических моделей в виде структурных схем, блоки которых описываются дифференциальными и разностными уравнениями,

непрерывными и дискретными передаточными функциями, алгебраическими соотношениями и логическими условиями. Обширная библиотека типовых блоков, встроенный язык программирования и удобный графический интерфейс обеспечивают построение и наглядное представление на экране компьютера самых разнообразных моделей. ПК «МВТУ» реализует несколько режимов работы. Режим «Моделирование» обеспечивает имитационное моделирование непрерывных, дискретных и гибридных систем, в том числе и в реальном времени при наличии обмена данными с внешними программами и устройствами. Для оперативного управления процессом моделирования можно создать «Панель управления» с расположенными на ней виртуальными аналогами переключателей, ручных регуляторов, лампочек и измерительных приборов. Режим «Оптимизация» позволяет находить оптимальные параметры проектируемой системы.

Режимы «Анализ» и «Синтез» обеспечивают решение задач исследования и проектирования САУ с использованием частотных и корневых методов. ПК

«МВТУ» успешно применяется при проектировании систем управления, следящих приводов и роботов-манипуляторов, ядерных и тепловых энергетических установок. Широко используется в учебном процессе, позволяя моделировать различные природные явления и технические объекты.

Преимущество МВТУ наличие встроенного языка программирования, который может быть использован для вас, заключается в том, что математическая форма и алгоритмы для реализации собственных исследований. Диалоговое окно на языке программирования представляет собой блок окна текстового редактора, пользователь записывает математическую модель в виде последовательности операторов. Язык программирования позволяет настраивать

алгебраические соотношения и дифференциальные уравнения, а также выполнять операции с вещественными и сложными матрицами и логическими векторами, переменными являются геометрические точки и многочлены. Среди конструкций языка – условные и безусловные переходы, циклы, пользовательские функции и процедуры. В пакете Simulink аналогичные возможности заложены в блоке «Embedded MatLab Function» позволяющем создавать модели с помощью языка системы MatLab имеет менее удобный интерфейс и низкую скорость счета.

### 3. Разработка регулятора скорости с использованием подхода каскадной системы управления

Для синтеза регулятора скорости используется подход каскадных систем управления [1,3]. Применяя эту стратегию для управления скоростью с замкнутым контуром электропривода постоянного тока на основе реверсивных тиристорных преобразователей, необходимо разработать два каскадных контура управления. «Внутренний» контур представляет собой контур управления током якоря двигателя постоянного тока. Внешний - контур управления скоростью. Чтобы упростить теоретическую оценку, разработка выходит за рамки статьи, поскольку основная цель статьи - обеспечить проверку подхода к моделированию и сравнительный анализ между двумя программами. Параметры системы управления приведены в таблице 1. Структурная схема управления скоростью вращения замкнутого контура представлена на рис. 2.

Таблица 1. Параметры системы управления

№	$c\Phi_H, V \cdot s$	$J, kg \cdot m^2$	$k_T, V/A$	$k_C, V \cdot s$	$T, s$
1	1.9	0.096	0.4	0.075	0.003

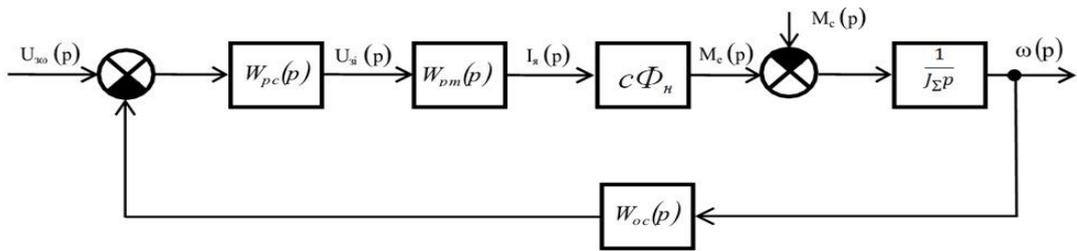


Рисунок 2. Вид замкнутого контура управления скоростью.

Структурная схема имитационной модели в MatLab Simulink показана на рис.3

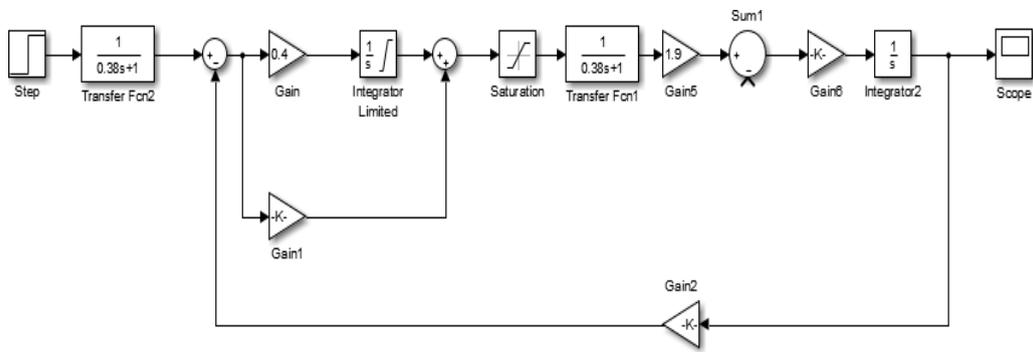


Рисунок 3.Схема имитационной модели в MatLab Simulink.

Апериодический фильтр первого порядка должен быть установлен на входе с замкнутым контуром скорости для улучшения характеристик скорости двигателя постоянного тока:

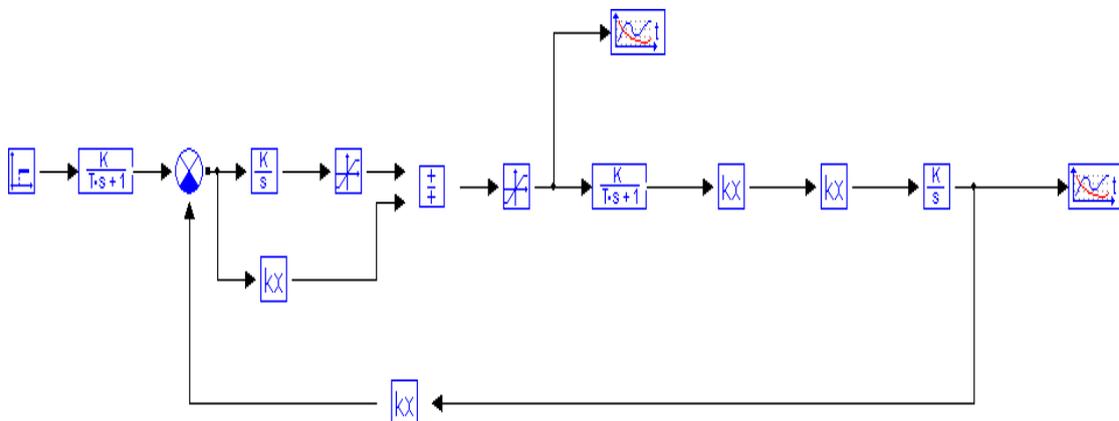
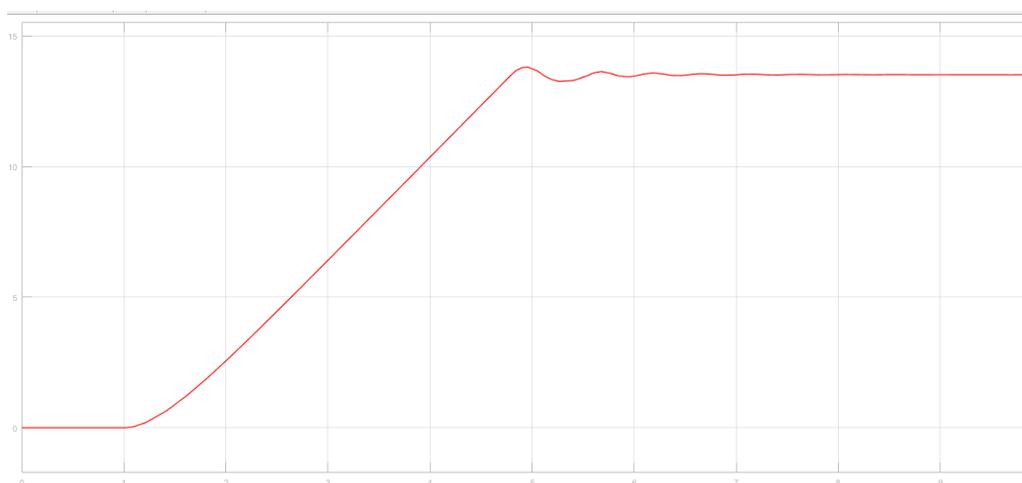


Рисунок 3. Структурная схема имитационной модели в МВТУ.

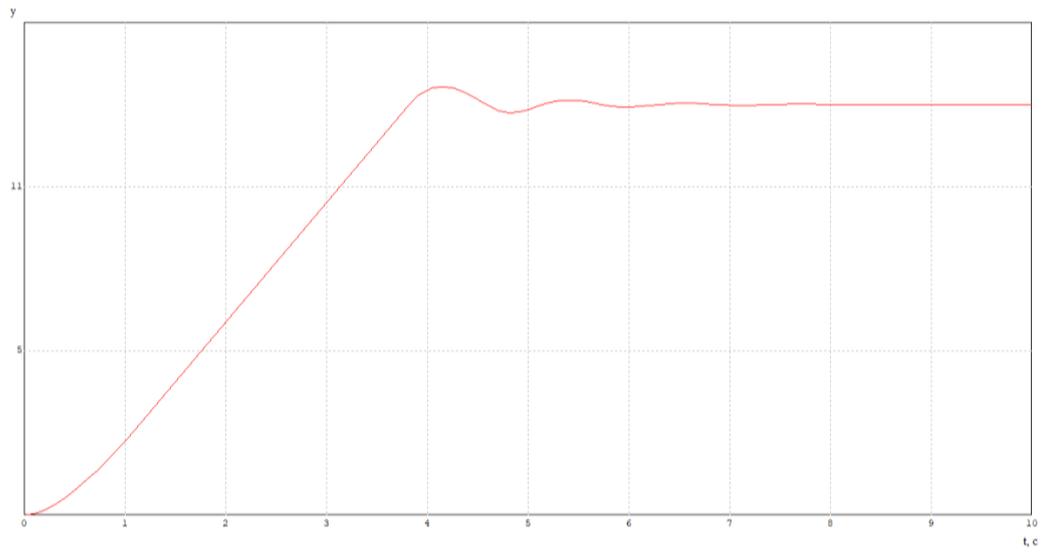
Параметры конфигурации решателя в обеих программах были установлены одинаковыми, чтобы обеспечить сравнительное изучение результатов моделирования. Тип решателя, размер шага, относительный и абсолютный допуск и т.д. были выбраны для обеспечения точного моделирования.

Следует отметить, что имитационный анализ проводился с использованием ПК со следующими параметрами: Intel Core i7 (4 ядра) 2,9 ГГц; 16 Гб оперативной памяти.

Целью имитационного анализа является оценка показателей переходных характеристик объекта управления. Имитационный анализ позволяет предварительно оценить параметры разработанной системы, чтобы применить ее к реальной системе [6,7]. В исследовании проводится сравнительное исследование для MatLab Simulink и МВТУ.

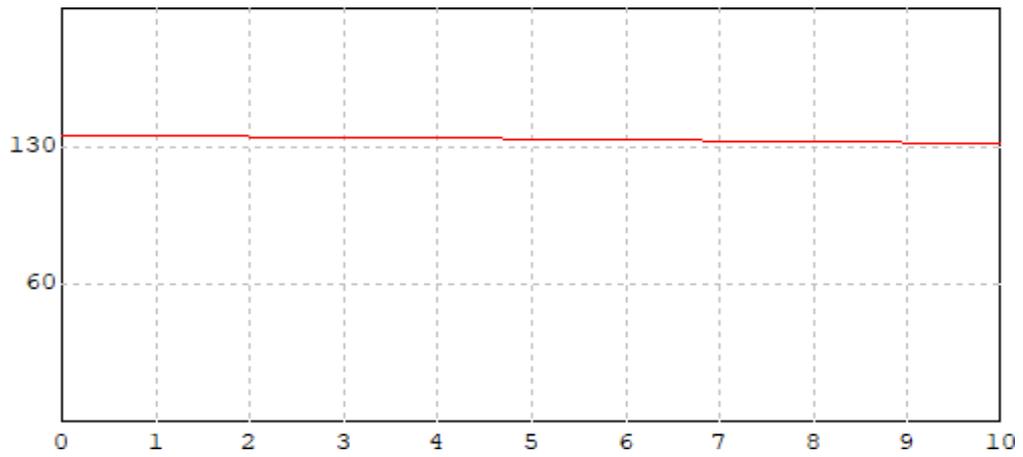


а- Результат в MatLab Simulink

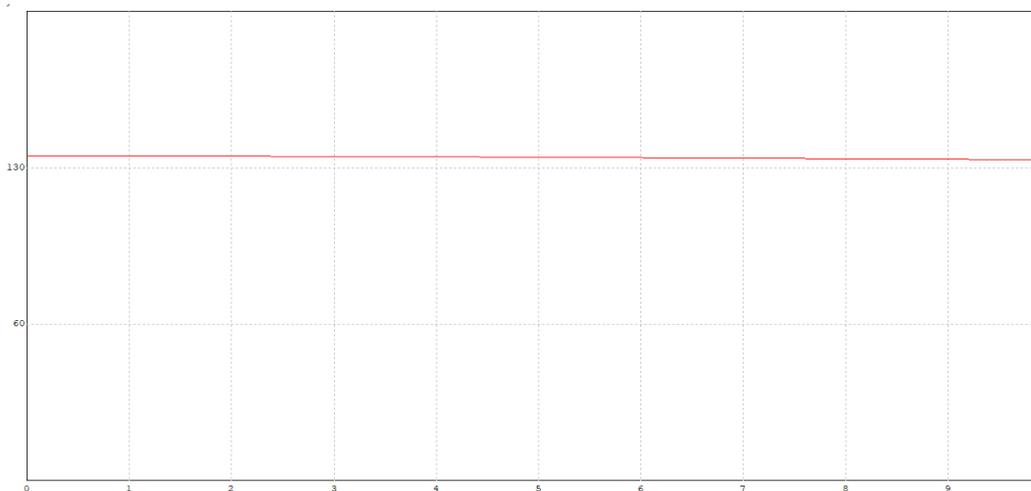


б- Результат в MBTU

Рисунок 4. Переходные процессы частоты вращения при запуске без нагрузки



а- Результат в MatLab Simulink



## б- Результат в МВТУ

Рисунок 5. Переходные процессы частоты вращения при скачке ступенчатой нагрузки

Программное обеспечение	Установившееся значение, рад/с	Время установления, мс	Превышение скорости,%	Время вычисления,с
Matlab Simulink	14	4.5	2.48	2.3
МВТУ	14	4	2.48	1.05

Результаты, полученные в ходе исследования, показали хорошую повторяемость между двумя программами и выявили разницу с экспериментальными данными. Разница может наблюдаться в таких параметрах, как превышение и время установления. Проведенное исследование доказало возможность использования программного обеспечения для разработки систем управления реальными объектами. Результаты, полученные в ходе моделирования, могут быть использованы в качестве “приближения” для реализации в реальной системе. Для более точного согласования результатов моделирования с экспериментальными данными требуется более сложное представление имитационной модели. Вычислительное время, необходимое для моделирования в MatLab Simulink и МВТУ различно. Результаты показали, что вычислительное время MatLab Simulink примерно в 2 раза превышает вычислительное время в МВТУ.

В заключении необходимо отметить, что инженерная наука неразрывно связана с разработкой средств обработки информации. Благодаря огромной вычислительной мощности современных компьютеров, масштабу деятельности и темпам работы в наши дни инженеры находятся на подъеме. Кроме того, появилась новая функция,

которую может решить каждый инженер, например: система - это интеграция различных форм, часть моделирования взаимодействия отдельных элементов и всей системы, моделирование ошибок взаимодействия между аппаратным и программным обеспечением, часть расчета риска для продукт в реальной жизни. Для этого используются новые инструменты, список которых обширен и прост в использовании. Разнообразные рабочие инструменты, позволяющие инженерам выбирать инструмент для использования. На выбор влияют многие факторы: производительность ряда должна определяться простотой использования, скоростью работы, инструментом и его поддержкой разработчиком.

## Список использованной литературы

1. Моделирование в среде MATLAB-Simulink : метод. указания к лабораторным работам / сост.: А. И. Герасимов, В. В. Рееда, О. Н. Рееда. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2017
2. Сайт разработчиков ПК «МВТУ». [электронный ресурс]. – Режим доступа: [www/URL:http://mvtu.power.bmstu.ru/](http://mvtu.power.bmstu.ru/)
3. Гультияев А. Визуальное моделирование в среде MATLAB: Учебный курс.–СПб.: Питер, 2000.
4. Козлов О. С., Кондаков Д. Е., Скворцов Л. М. и др. Программный комплекс "Моделирование в технических устройствах".
5. Козлов О. С., Кондаков Д. Е., Скворцов Л. М. и др. Исследование и проектирование систем автоматического управления с помощью программного комплекса "МВТУ" // Пленарные доклады и избранные труды Третьей международной конференции по проблемам управления. М.: Изд-во ИПУ РАН, 2006. С. 853–860
- 6.1 Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 288 с.
7. Дьяконов В. П. 2012 MATLAB - это полный учебник (Москва: ДМК press)
8. Панкратов В.В. 2013 Автоматическое управление электроприводами (Новосибирск: НГТУ) стр. 200