



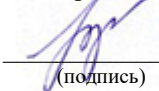
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ИНСТИТУТ МИРОВОГО ОКЕАНА (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

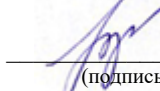
Руководитель ОП  
Мехатроника и робототехника

  
(подпись) В.Ф. Филаретов  
(Ф.И.О. рук. ОП)

«29» ноября 2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента  
автоматики и робототехники

  
(подпись) В.Ф. Филаретов  
(Ф.И.О. )

«29» ноября 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем

**Направление подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника**

магистерская программа «Мехатроника и робототехника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)»

**Форма подготовки очная**

Курс 1 семестр 1

лекции 18 час.

практические занятия 36 час.

лабораторные работы 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 6 /пр. 12/ лаб. 6 час.

всего часов аудиторной нагрузки 72 час.

в том числе с использованием МАО 24 час.

самостоятельная работа 72 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы – не предусмотрено учебным планом

курсовая работа

зачет – не предусмотрено учебным планом

экзамен 1 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 августа 2020 г. №1023.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента автоматике и робототехники, протокол № 4 от «29» ноября 2022 г.

Директор департамента В.Ф. Филаретов  
Составитель (ли): к.т.н. А.А. Кацурин

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**Аннотация дисциплины**  
**«Моделирование и экспериментальные исследования**  
**мехатронных систем»**

Дисциплина «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» предназначена для студентов направления подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, магистерская программа «Мехатроника и робототехника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)», входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.О.04).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 час.), лабораторные работы (18 час.), практические занятия (36 час.), самостоятельная работа студентов (72 час., в том числе на подготовку к экзамену – 36 час.). Предусмотрена курсовая работа. Дисциплина реализуется на 1 курсе в 1 семестре. Форма контроля – экзамен.

Освоение данной дисциплины как предшествующей необходимо при изучении следующих дисциплин: «Компьютерные технологии управления в мехатронных системах», «Информационные системы в мехатронике и робототехнике», «Подводная робототехника», «Системы управления роботами».

**Цели** освоения дисциплины: ознакомить студентов с особенностями и видами проведения экспериментов с различными мехатронными объектами и системами, рассмотреть различные виды описания и представления систем. Развить у них навыки моделирования систем управления в реальных условиях их функционирования.

**Задачи** дисциплины:

1. Изучение методов математического моделирования сложных технических объектов и систем.
2. Изучение методов и схем моделирования детерминированных и стохастических, непрерывных и дискретных систем.

### 3. Изучение языков и элементной базы моделирования.

Для успешного изучения дисциплины «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники;

- способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции (элементы компетенций):

<b>Наименование категории (группы) универсальных компетенций</b>	<b>Код и наименование универсальной компетенции выпускник</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции</b>
Общепрофессиональные навыки	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Представляет современную естественнонаучную картину мира ОПК-1.2 Применяет общеинженерные знания и методы в профессиональной деятельности
	ОПК-4 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	ОПК-4.1 Использует глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности ОПК-4.2 Применяет современные информационно-коммуникационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов
	ОПК-12 Способен организовывать монтаж,	ОПК-12.1 Организует монтаж, наладку, настройку и сдачу в

	наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем ОПК-12.2 Умеет внедрять и обеспечивать контроль за эксплуатацией мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей
--	---	--

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения: «развернутая беседа» с обсуждением решенной задачи, «диспут на лекции», на лабораторных работах и практических занятиях - «учебный тренинг».

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Раздел I. Основные понятия теории моделирования. Классификация видов моделирования. (3 час.)**

#### **Тема 1. Основные понятия теории моделирования. Общая характеристика проблемы моделирования систем. (1 час.)**

Даются определения и рассматриваются основные понятия теории моделирования. Анализируются основные цели моделирования.

#### **Тема 2. Классификация видов моделирования. (2 час.)**

Рассматривается классификация видов моделирования по различным признакам: по степени полноты модели, по характеру процессов, протекающих в объекте моделирования, по форме представления объекта, по характеру математического описания объекта и др.

### **Раздел II. Типовые математические схемы моделирования и их особенности (8 час.)**

#### **Тема 1. Основные подходы к построению математических моделей систем. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования непрерывно-детерминированных систем на основе аппарата дифференциальных уравнений.

**Тема 2. Математическое описание, естественные и искусственные характеристики двигателя постоянного тока с независимым возбуждением. (2 час.)**

Дается математическое описание процессов электромеханических процессов, происходящих в двигателе постоянного тока с независимым возбуждением. Анализируются естественные и искусственные характеристики двигателя при введении добавочного сопротивления в цепь якоря, изменении магнитного поля и изменении напряжения якорной цепи. Рассматриваются особенности режима динамического торможения.

**Тема 3. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования дискретно-детерминированных систем на основе теории автоматов. Анализируются способы описания конечных автоматов с помощью таблиц переходов и выходов, с помощью графов и с помощью матриц.

**Тема 4. Дискретно-стохастические модели (P-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования дискретно-стохастических систем на основе вероятностных автоматов. Анализируются табличный, матричный и графический способы задания вероятностных автоматов.

**Тема 5. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования непрерывно-стохастических систем на основе систем массового обслуживания. Рассматриваются методы создания и анализа моделей с помощью Q-схем.

**Тема 6. Сетевые модели (N-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования сетевых систем, построенных на основе сетей Петри. Анализируются особенности функционирования сетевых моделей.

## **Тема 7. Обобщенные модели (А-схемы). (1 час.)**

Рассматриваются особенности моделирования сложных комбинированных систем на основе обобщенного агрегативного подхода. Анализируются особенности функционирования отдельных агрегатов и агрегативных моделей.

## **Раздел III. Использование моделирования при исследовании и проектировании систем. (2 час.)**

### **Тема 1. Использование моделирования при исследовании и проектировании систем. (1 час.)**

Рассматриваются особенности использования моделирования на различных этапах проектирования технических систем.

### **Тема 2. Принципы системного подхода в моделировании систем. (1 час.)**

Рассматриваются особенности системного и классического подхода при создании моделей различных объектов и систем.

## **Раздел IV. Разработка и машинная реализация моделей систем. (5 час.)**

### **Тема 1. Последовательность разработки и машинной реализации моделей систем. (1 час.)**

Рассматривается последовательность выполнения действий при разработке, машинной реализации и исследовании моделей.

### **Тема 2. Построение концептуальной модели системы и ее формализация. (2 час.)**

Анализируется этап построение концептуальной модели объекта и ее формализации с помощью типовых математических схем.

### **Тема 3. Алгоритмизация модели и ее машинная реализация. (1 час.)**

Анализируется этап алгоритмизации и машинной реализации математической модели объекта с использованием средств вычислительной техники.

#### **Тема 4. Получение и интерпретация результатов моделирования. (1 час.)**

Анализируется этап проведение экспериментальных исследований с машинной моделью объекта, получения и интерпретации результатов моделирования.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (36 час.)**

#### **Занятие 1. Построение непрерывно-детерминированных моделей на основе D-схем (6 час.).**

Для заданных систем строятся модели на основе использования дифференциальных уравнений и передаточных функций.

#### **Занятие 2. Построение дискретно-детерминированных моделей на основе F-схем (6 час.).**

Для заданных детерминированных автоматов строятся модели в форме таблиц переходов и выходов, графов и матриц переходов.

#### **Занятие 3. Построение дискретно-стохастических моделей на основе P-схем (6 час.).**

Для заданных вероятностных автоматов строятся модели в форме таблиц переходов и выходов, графов и матриц переходов.

#### **Занятие 4. Построение непрерывно-стохастических моделей на основе Q-схем (6 час.).**

Для заданных систем массового обслуживания строятся модели на основе использования Q-схем.

#### **Занятие 5. Построение сетевых моделей на основе N-схем (6 час.).**

Для заданных систем строятся маркированные сетевые модели на основе использования N-схем.

#### **Занятие 6. Построение обобщенных агрегативных моделей на основе A-схем (6 час.).**



Для заданных обобщенных систем строятся агрегативные модели на основе использования их структуры и оператора сопряжения.

### **Лабораторные работы (18 час.)**

#### **Лабораторная работа 1. Моделирование сложных электрических цепей постоянного тока с помощью пакета Matlab (4 час.)**

В ходе выполнения задания студентам предстоит освоить навыки работы с программой MATLAB The Language of Technical Computing «язык технических вычислений», в пакете Simulink Power System Blockset «симуляция электрических цепей» на основе применения законов Кирхгофа для цепей постоянного тока.

#### **Лабораторная работа 2. Моделирование понижающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения с помощью пакета Matlab (4 час.)**

При выполнении задания студенты исследуют различные режимы работы понижающего широтно-импульсного преобразователя постоянного напряжения при его работе на активно-индуктивную нагрузку.

#### **Лабораторная работа 3. Расчет параметров систем автоматического управления с помощью пакета Matlab (4 час.)**

При выполнении задания студенты изучают возможности пакета MATLAB и его пакета расширения Nonlinear Control Design (NCD) для расчета параметров регуляторов различных систем автоматического управления.

#### **Лабораторная работа 4. Исследование двигателя постоянного тока независимого возбуждения с помощью пакета Matlab (6 час.)**

В ходе выполнения задания студенты исследуют процесс запуска двигателя постоянного тока с добавочным сопротивлением в цепи якоря и его различные режимы его работы.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

рекомендации по самостоятельной работе студентов;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные понятия теории моделирования. Классификация видов моделирования.	ОПК-1	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопросы 1-4 из перечня типовых вопросов
			умеет	курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
			владеет	курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
2	Типовые математические схемы моделирования и их особенности.	ОПК-1	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопросы 7-20 из перечня типовых вопросов
			умеет	практическая работа (ПР-2), курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
			владеет	практическая работа (ПР-2), курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
3	Использование моделирования при исследовании и проектировании систем.	ОПК-4, ОПК-12	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопросы 5-6 из перечня типовых вопросов

			умеет	курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
			владеет	курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
4	Разработка и машинная реализация моделей систем.	ОПК-4, ОПК-12	знает	дискуссия (УО-4)	экзамен, вопросы 21-27 из перечня типовых вопросов
			умеет	лабораторная работа (ПР-6), собеседование (УО-1), курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа
			владеет	лабораторная работа (ПР-6), собеседование (УО-1), курсовая работа (ПР-5)	экзамен, курсовая работа

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Голубева Н.В. Математическое моделирование систем и процессов: Уч. пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 192 с.  
[https://e.lanbook.com/book/76825#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/76825#book_name)
2. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392652>
3. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics) [Электронный ресурс]: учебное пособие для высших учебных заведений / В.М. Мусалимов [и др.]. – Электрон. текстовые данные. – СПб.:

Университет ИТМО, 2013. – 115 с. Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/68668.html>

4. Встовский, А. Л. Электрические машины [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Л. Встовский. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. - 464 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=492153>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М.: Высшая школа, 2001. - 343 с.  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:404560&theme=FEFU> (14 экз.)

2. Теоретические основы разработки и моделирования систем автоматизации: Учебное пособие / А.М. Афонин, Ю.Н. Царегородцев, А.М. Петрова и др.- М.: Форум, 2011. - 192 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=219000>

3. Дьяконов В.П. MATLAB. Полный самоучитель [Электронный ресурс] / В.П. Дьяконов. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Профобразование, 2017. – 768 с. Режим доступа:  
<http://www.iprbookshop.ru/63590.html>

4. Дьячков Ю.А. Моделирование технических систем: Учебное пособие / Ю.А. Дьячков, И.П. Торопцев, М.А. Черемшанов. - Пенза, 2011. - 239 с. <http://window.edu.ru/resource/190/75190>

5. Замятина О.М. Моделирование систем: Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2009. - 204 с. <http://window.edu.ru/resource/826/74826>

6. Моделирование систем: учебное пособие / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе, А.А. Третьяков. - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2011. - 96 с. <http://window.edu.ru/resource/465/76465>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система Znanium.com  
<http://znanium.com/>
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks  
<http://www.iprbookshop.ru/>
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>

### **Перечень информационных технологий**

## и программного обеспечения

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы:

<b>Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест</b>	<b>Перечень программного обеспечения</b>
Компьютерный класс кафедры приборостроения, Ауд. Е628, 21	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Elcut 6.3 Student - программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ); – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – MATLAB R2016a - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины достигается за счет следующих обязательных мероприятий:

- учебные занятия;
- самостоятельная работа;
- промежуточная аттестация.

### **Учебные занятия**

В рамках реализации учебной дисциплины «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» предусмотрены учебные занятия: лекции, практические занятия и лабораторные работы. Посещение учебных занятий является необходимым для успешного освоения дисциплины.

На учебных занятиях студенту необходимо вести конспект в любой удобной для него форме. Рекомендуется вести конспект лекций. Ведение конспекта преподавателем не контролируется, однако, полный конспект, записанный аккуратно и разборчиво, позволит упростить организацию самостоятельной работы.

На практических занятиях студенту необходимо выполнить задание в соответствии с вариантом. На лабораторных работах студенту необходимо выполнить задание в соответствии с вариантом и оформить отчет согласно предъявляемым к оформлению требованиям.

### **Самостоятельная работа**

Самостоятельная работа организована следующим образом:

- изучение теоретического материала,
- выполнение курсовой работы,
- подготовка к экзамену.

Первым этапом изучения отдельных тем дисциплины является изучение теоретического материала по конспектам лекций и учебной литературе.

К каждому практическому занятию студент должен изучить соответствующий раздел теоретического материала, знать основные положения, формулы, утверждения.

В разделе V настоящей рабочей учебной программы приведен перечень учебников и учебных пособий, рекомендуемых для изучения студентами в рамках самостоятельной работы. В блоке «Основная литература» отмечены те издания, изучение которых является достаточным для успешного освоения дисциплины, это, как правило, учебные пособия, адаптированные для современного студенчества либо учебные пособия. Некоторые издания из перечня являются взаимозаменяемыми. Изучение литературы из блока «Дополнительная литература» является факультативным, может помочь получить более глубокие теоретические знания в области технической диагностики.

Изучение дисциплины рекомендуется проводить поэтапно: рассматривая поочередно логически завершенные разделы курса, как правило, в литературе – это отдельные главы или параграфы.

При работе с конспектом и литературой важно начать с базовой теоретической подготовки, внимательно и вдумчиво изучив основные понятия рассматриваемого раздела. Далее необходимо рассмотреть решение типовых задач, рассмотренных на практических занятиях и приведенных в задачниках.

### **Промежуточная аттестация**

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в форме самостоятельной работы, описанной в предыдущем разделе, но затрагивает весь материал учебного семестра. При подготовке к экзамену следует обратить внимание на качественную сторону каждой темы, а не на ее формально-математическое содержание. При необходимости такое содержание может быть подсказано преподавателем, задача студента – качественно объяснить его, дать все необходимые пояснения, привести примеры.

### **Требования к представлению и оформлению результатов работы**

Изложение выполненного задания должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал в отчетах по лабораторным работам и курсовой работе представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет по заданию выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным.

Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Компьютерный класс, Ауд. Е628	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.
Мультимедийная аудитория	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF AVerision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	2 неделя	Подготовка к практическому	2 ч.	Выполнение задания



		заданию 1		
2	3 неделя	Подготовка к лабораторной работе 1	2 ч.	УО, проверка полученных результатов
3	4 неделя	Подготовка к практическому заданию 2	2 ч.	Выполнение задания
4	6 неделя	Подготовка к лабораторной работе 2	2 ч.	УО, проверка полученных результатов
5	10 неделя	Подготовка к практическому заданию 3	2 ч.	Выполнение задания
6	11 неделя	Подготовка к лабораторной работе 3	2 ч.	УО, проверка полученных результатов
7	12 неделя	Подготовка к практическому заданию 4	2 ч.	Выполнение задания
8	13 неделя	Подготовка к лабораторной работе 4	2 ч.	УО, проверка полученных результатов
9	15 неделя	Подготовка к практическому заданию 5	2 ч.	Выполнение задания
10	16 неделя	Подготовка к практическому заданию 6	2 ч.	Выполнение задания
11	17 неделя	Сдача курсовой работы	16 ч.	Защита работы
12	сессия	Подготовка к экзамену	36 ч.	экзамен

УО – устный опрос

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Самостоятельная работа студентов представлена в виде:

- подготовка к выполнению практических заданий и лабораторных работ и оформление отчета;
- ответы на вопросы для проверки усвоения материала;
- выполнение курсовой работы;
- подготовки к экзамену.

### **Требования к работе с текстом**

Существенной ошибкой студентов в процессе подготовки при работе с учебной литературой является полное медленное чтение без анализа текста. Такой режим чтения литературы малоэффективен, поскольку читатель не

концентрирует свое внимание на основных частях текста, не выделяет теоретические положения и основные факты, не анализирует систему доказательств автора, логику его изложения. При таком чтении не происходит совершенствования основных интеллектуальных операций, а информация запоминается с трудом, после неоднократных повторений, и воспроизводится в дальнейшем не оперативно, с пропусками и искажениями.

Важнейшим условием рациональной организации работы с книгой является умение четко сформулировать цели и выбрать оптимальный способ чтения. При этом следует помнить о двух основных целях работы с научной литературой:

- приобретение необходимой информации;
- развитие своих способностей, прежде всего, логической памяти, мышления, внимания.

Оптимизация чтения должна осуществляться путем организации и согласования четырех уровней процесса понимания: прагматического, синтаксического, семантического и онтологического.

*Прагматический уровень* – рассмотрение чтения в плане установок и отношений к самому процессу и осознания собственных психических состояний, вызываемых текстом. Чтение – это труд и творчество. Данный уровень дает возможность читателю ответить на вопрос для каких целей я это читаю, насколько это полезно и необходимо для меня, что это мне дает?

*Синтаксический уровень* предполагает расширение символического и словарного запаса, позволяет увеличить мощность и емкость знакового блока внутренней модели мира, формирует способы соотнесения и перехода от одной знаковой системы к другой. Другими словами данный уровень чтения способствует сознательно или неосознанно развитию у читателя ряда способностей, формируя при этом методологические и гносеологические основы.

*Семантический уровень* предполагает чтение по выявлению смысла на макро и микро уровне, то есть как отдельных частей текста, так и всего текста в целом. Он позволяет выявить логику и сущностные характеристики его. Важной чертой данного уровня является возможность читателя выделить смысл для себя.

*Онтологический уровень* чтения включает анализ целей и его места среди других видов деятельности. Он формирует умения ориентировать и регулировать текущее и перспективное чтение, отбирать материалы для чтения, регулировать и организовывать каждый из четырех уровней. И в целом он помогает свободно ориентироваться в огромном потоке информации.

## **Характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению**

В качестве самостоятельной работы студентом выполняется курсовая работа которая включает моделирование системы автоматического управления двигателем постоянного тока с широтно-импульсным регулированием напряжения якорной цепи. Задание является типовым, меняются только задающие воздействия, а также параметры двигателя и широтно-импульсного регулятора напряжения.

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Изложение выполненного задания должно быть сжатым, ясным и сопровождаться цифровыми данными и рисунками, если требуется.

Материал курсовой работы представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

Материалы должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Отчет по заданию выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4.

Основная часть и приложения нумеруются сплошной нумерацией. Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Допускается использование цветных рисунков, схем и диаграмм.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным.

Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

1. 10-9 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

2. 8-7 баллов: работа выполнена полностью; допущено одна-две ошибки в оформлении работы. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

3. 7-6 балл: работа выполнена полностью; допущено не более 2 ошибок при оформлении работы. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

4. 6-5 баллов: работа выполнена; допущено три или более трех ошибок в оформлении работы. При защите студент не отвечает на 2-3 вопроса преподавателя.

### **Тематика и перечень курсовых работ**

**Вариант 1.** Выполнить моделирование работы системы стабилизации скорости вращения двигателя постоянного тока на уровне  $w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.6 \cdot M_n$  до  $1.8 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 2.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.3 \cdot w_n$  до  $1.4 \cdot w_n$  при постоянном моменте нагрузки на валу двигателя  $M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

**Вариант 3.** Выполнить моделирование работы системы стабилизации скорости вращения двигателя постоянного тока на уровне  $w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.5 \cdot M_n \cdot \sin(0.9t) + 0.6 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 4.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.6 \cdot w_n$  до  $1.3 \cdot w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.5 \cdot M_n$  до  $1.6 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 5.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя

постоянного тока от  $0.4 \cdot w_n$  до  $1.2 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.7 \cdot M_n \cdot \sin(1.5t) + M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 6.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.5 \cdot w_n \cdot \sin(1.4t) + 0.8 \cdot w_n$  при постоянном моменте нагрузки на валу двигателя  $M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 7.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.7 \cdot w_n \cdot \cos(1.3t) + 0.9 \cdot w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.3 \cdot M_n$  до  $1.2 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 8.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.3 \cdot w_n \cdot \sin(1.5t) + 0.5 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.6 \cdot M_n \cdot \cos(1.3t) + 0.8 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 9.** Выполнить моделирование работы системы стабилизации скорости вращения двигателя постоянного тока на уровне  $w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.4 \cdot M_n$  до  $1.2 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 10.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.7 \cdot w_n$  до  $1.5 \cdot w_n$  при постоянном моменте нагрузки на валу двигателя  $M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 11.** Выполнить моделирование работы системы стабилизации скорости вращения двигателя постоянного тока на уровне  $w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.3 \cdot M_n \cdot \cos(1.7t) + 0.5 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 12.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.5 \cdot w_n$  до  $1.4 \cdot w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.3 \cdot M_n$  до  $1.2 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 13.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.2 \cdot w_n$  до  $1.1 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу

двигателя по следующему закону  $0.3 \cdot M_n \cdot \cos(1.1t) + 0.7 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

**Вариант 14.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.7 \cdot w_n \cdot \cos(1.8t) + 1.2 \cdot w_n$  при постоянном моменте нагрузки на валу двигателя  $M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 15.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.8 \cdot w_n \cdot \sin(1.9t) + 1.2 \cdot w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.4 \cdot M_n$  до  $1.3 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

**Вариант 16.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.6 \cdot w_n \cdot \cos(t) + 0.8 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.5 \cdot M_n \cdot \sin(1.5t) + 0.7 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 17.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.2 \cdot w_n$  до  $1.2 \cdot w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.6 \cdot M_n$  до  $1.4 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

**Вариант 18.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей ступенчатое изменение скорости вращения двигателя постоянного тока от  $0.6 \cdot w_n$  до  $1.3 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.5 \cdot M_n \cdot \sin(1.4t) + 0.6 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

**Вариант 19.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.6 \cdot w_n \cdot \sin(1.5t) + w_n$  при ступенчатом изменении момента нагрузки на валу двигателя от  $0.7 \cdot M_n$  до  $1.5 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИ-регулятор.

**Вариант 20.** Выполнить моделирование работы системы обеспечивающей изменение скорости вращения двигателя постоянного тока по следующему закону  $0.7 \cdot w_n \cdot \sin(1.1t) + 0.9 \cdot w_n$  при изменении момента нагрузки на валу двигателя по следующему закону  $0.3 \cdot M_n \cdot \sin(1.4t) + 0.5 \cdot M_n$ . В качестве регулятора скорости необходимо использовать ПИД-регулятор.

## Паспорт ФОС

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускник	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции
Общепрофессиональные навыки	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Представляет современную естественнонаучную картину мира ОПК-1.2 Применяет общеинженерные знания и методы в профессиональной деятельности
	ОПК-4 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов	ОПК-4.1 Использует глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности ОПК-4.2 Применяет современные информационно-коммуникационные технологии и программные средства при моделировании технологических процессов
	ОПК-12 Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	ОПК-12.1 Организует монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем ОПК-12.2 Умеет внедрять и обеспечивать контроль за эксплуатацией мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей

### Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

#### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ видом промежуточной аттестации по дисциплине «Моделирование и экспериментальные

исследования мехатронных систем» предусмотрен «экзамен».

### **Вопросы к экзамену.**

1. Определение модели и цели моделирования.
2. Общая характеристика проблемы моделирования систем.
3. Классификация видов моделирования.
4. Классификация математического моделирования.
5. Использование моделирования при исследовании и проектировании систем.
6. Принципы системного подхода в моделировании систем.
7. Основные подходы к построению математических моделей систем.
8. Непрерывно-детерминированные модели (D-схемы).
9. Математическое описание двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.
10. Естественные и искусственные характеристики двигателя с независимым возбуждением.
11. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). Основные соотношения.
12. Дискретно-детерминированные модели (F-схемы). Возможные приложения.
13. Дискретно-стохастические модели (P-схемы). Основные соотношения.
14. Дискретно-стохастические модели (P-схемы). Возможные приложения.
15. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Основные соотношения.
16. Непрерывно-стохастические модели (Q-схемы). Возможные приложения.
17. Сетевые модели (N-схемы). Основные соотношения.
18. Сетевые модели (N-схемы). Возможные приложения.
19. Обобщенные модели (A-схемы). Основные соотношения.
20. Обобщенные модели (A-схемы). Возможные приложения.
21. Последовательность разработки и машинной реализации моделей систем.
22. Переход от описания к блочной модели и получение математических моделей процессов на этапе построения концептуальной модели системы и ее формализации.
23. Подэтапы первого этапа моделирования (этапа построения концептуальной модели системы и ее формализации).
24. Принципы построения и формы представления моделирующих алгоритмов на этапе алгоритмизации модели и ее машинной реализации.
25. Подэтапы второго этапа моделирования (этапа алгоритмизации модели и ее машинной реализации).
26. Особенности получения результатов моделирования на этапе получения и интерпретации результатов моделирования.
27. Подэтапы третьего этапа моделирования (этапа получения и интерпретации результатов моделирования).

### **Практические вопросы к экзамену**



1. Построить структурную схему объекта по заданным дифференциальным уравнениям.
2. Получить систему дифференциальных уравнений по заданной структурной схеме объекта.
3. Составить таблицу переходов и выходов (или матрицу соединений) для детерминированного автомата, описанного с помощью графа.
4. Построить граф для детерминированного автомата, описанного с помощью таблиц переходов и выходов (или матрицы соединений).
5. Составить таблицу переходов и выходов (или матрицу переходных вероятностей) для  $Y$ -детерминированного вероятностного автомата, описанного с помощью графа.
6. Построить граф для  $Y$ -детерминированного вероятностного автомата, описанного с помощью таблиц переходов и выходов (или матрицы переходных вероятностей).
7. Составить  $Q$ -схему заданной системы массового обслуживания.
8. Привести новую размеченную  $N$ -схему, полученную после срабатывания заданной  $N$ -схемы.
9. Получить оператор сопряжения для заданной структуры агрегативной системы.
10. Получить структуру агрегативной системы по заданному оператору сопряжения.

### Критерии выставления оценки студенту на экзамене

Баллы (рейтингов ой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям <i>Дописать оценку в соответствии с компетенциями. Привязать к дисциплине</i>
	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

	<i>«зачтено»/ «удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
	<i>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Моделирование и экспериментальные исследования мехатронных систем» проводится по результатам выполнения практических заданий, защиты лабораторных работ, выполнения и защиты курсовой работы, участию в дискуссии, а также конспекту и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, посещаемость всех занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения знаний;
- результаты самостоятельной работы.

Каждому объекту оценивания присваивается конкретный балл. Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине и внесения данных в рейтинговую систему. По окончании семестра студент набирает определенное количество баллов, которые переводятся в пятибалльную систему оценки.