

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра воспроизводства и переработки лесных ресурсов**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕСНЫХ МАШИН**

**Б1.В.10**

#### **НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**15.03.02 Технологические машины и оборудование**

#### **ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Машины и оборудование лесного комплекса**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	5
4.3 Лабораторные работы.....	6
4.4 Практические занятия.....	7
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	7
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>8</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>9</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>9</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>9</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>10</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ...	11
9.2 Методические указания по выполнению контрольной работы.....	20
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>20</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>20</b>
<b>Приложение 1</b> Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	<b>21</b>
<b>Приложение 2.</b> Аннотация рабочей программы дисциплины .....	<b>24</b>
<b>Приложение 3.</b> Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....	<b>25</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к проектно-конструкторскому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Изучить основы математического моделирования технологических процессов лесозаготовительных машин и оборудования.

## Задачи дисциплины

Сформировать умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	<b>знать:</b> - принципы и методы математического моделирования технических объектов и технологических процессов; <b>уметь:</b> - применять методы математического моделирования технических объектов и технологических процессов; <b>владеть:</b> - навыками математического моделирования технических объектов и технологических процессов.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.10 Математическое моделирование технологических процессов лесных машин относится к вариативной части обязательные дисциплины.

Дисциплина Математическое моделирование технологических процессов лесных машин базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: Математика, Физика и дисциплин основных образовательных программ.

Основываясь на изучении дисциплины, Математическое моделирование технологических процессов лесных машин представляет основу для изучения дисциплин: Основы проектирования, Основы конструирования лесных машин и Проектирование самоходных лесных машин.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

### 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Очная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная</b>	1	-	108	18	6	-	12	86	кр	зачет
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			1
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	18	5	18
Лекции (Лк)	6	2	6
Практические занятия (ПЗ)	12	3	12
Контрольная работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	86	-	86
Подготовка к практическим занятиям	66	-	66
Выполнение контрольной работы	10	-	10
Подготовка к зачету	10	-	10
<b>III. Промежуточная аттестация</b> зачет	+	-	+
Общая трудоемкость дисциплины	час.	108	108
	зач. ед.	3	3

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Математическое моделирование технологических процессов	104	6	12	86
1.1.	Математическое моделирование технологических процессов лесных машин	104	6	12	86
<b>ИТОГО</b>		<b>104</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>86</b>

### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

№ раздела и темы	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание лекционных занятий	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)
1	2	3	4
1.	Математическое моделирование технологических процессов	<p><b>Основные понятия и определения.</b> Термин «модель» (от лат. modulus – мера, образец, норма) вошел в математику в XIX в. в связи с развитием неевклидовой геометрии. Сегодня в литературе можно встретить множество определений понятия «модель». Приведем лишь некоторые из них.</p> <p>Под моделью понимают такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя некоторые важные для данного исследования типичные его черты.</p> <p>Модель – это упрощенное, можно сказать «упакованное» знание, несущее вполне определенную ограниченную информацию о предмете (явлении), отражающее те или иные его свойства.</p> <p>Модель – объект-заместитель объекта-оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.</p> <p>Модель – реально существующая или мысленно представляемая система, которая, замещая и отображая оригинал с определенной целью, находится с ним в отношениях подобия (сходства).</p>	-
1.1.	Математическое моделирование технологических процессов лесных машин	<p><b>Математическое моделирование.</b> Основные понятия и определения. С общих позиций математическое моделирование можно рассматривать как один из методов познания реального мира в период формирования так называемого информационного общества]. Центральное понятие данной темы – понятие математической модели, которое, как и ряд других понятий математического моделирования, не имеет</p>	Лекция-беседа (2 час.)

1	2	3	4
		<p>строгoго формального определения]. В литературе по моделированию предлагаются следующие варианты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– под математической моделью понимается класс абстрактных и символьных математических объектов – таких, как числа и вектора, и отношения между ними;</li> <li>– математической моделью объекта называют совокупность абстрактных основополагающих математических понятий и отношений, выраженных при помощи системы математических символов и обозначений и отражающих некоторые свойства изучаемого объекта;</li> <li>– под математической моделью понимается любой оператор <math>A</math>, позволяющий по соответствующим значениям входных параметров <math>X</math> установить выходные значения параметров <math>Y</math> объекта моделирования.</li> </ul> <p>Таким образом, математическая модель – совокупность математических объектов (уравнений, систем уравнений и неравенств, алгебраических выражений и т. д.), описывающих языком математических символов исследуемый объект и его отношения с окружающим миром. Это определение мы и примем за базовое в данной работе.</p> <p>Технологии комплексного моделирования представляют собой последовательность следующих действий:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) определение цели моделирования;</li> <li>2) разработка концептуальной модели;</li> <li>3) формализация модели;</li> <li>4) программная реализация модели;</li> <li>5) планирование модельных экспериментов;</li> <li>6) реализация плана эксперимента;</li> <li>7) анализ и интерпретация результатов моделирования.</li> </ol> <p><b>Планирование и проведение эксперимента.</b> Основные понятия и определения. Человек экспериментирует везде и всегда. И естественным (хотя и противоречивым) является желание проводить эксперимент в наиболее короткий срок с наименьшими затратами, получая при этом достоверную и точную информацию.</p> <p>С общеполософской точки зрения эксперимент (от лат. <i>experimentum</i> – проба, опыт) – это чувственно-предметная деятельность в науке, в более узком смысле слова – опыт, воспроизведение объекта познания, проверка гипотез и т. д. Большинство научных исследований связано с экспериментом – физическим, психологическим или модельным. В последнее время наряду с физическими моделями все больше используются компьютерные, на которых можно производить имитационные эксперименты и получать новые сведения об объекте.</p>	

#### 4.3. Лабораторные работы

учебным планом не предусмотрено

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	<b>1.</b>	Непрерывно детерминированные модели	1	-
2		Дискретно – детерминированные модели	2	-
3		Непрерывно-стохастические модели	2	тренинг (1 час.)
4		Имитационное моделирование систем	3	тренинг (1 час.)
5		Методы определения характеристик моделируемых систем	3	тренинг (1 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>	<b>3</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель: закрепление теоретических знаний по изучению дисциплины и приобретение навыков самостоятельной работы с технической литературой.

Структура: определить характеристики моделируемых систем.

Основная тематика: определение характеристик моделируемых систем.

Рекомендуемый объем: пояснительная записка объемом 5 – 10 страниц.

Выдача задания, прием кр проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки контрольной работы</b>
зачтено	Обучающийся в полной мере проявил умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
не зачтено	Обучающийся не проявил умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И  
ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>				
		<i>2</i>				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<b>1.</b> Математическое моделирование технологических процессов	104	+	1	104	Лк, ПЗ, СР	зачет, кр
<b>всего часов</b>	<b>104</b>	<b>104</b>	<b>1</b>	<b>104</b>		

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=93344](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=93344) (Глава 1 стр. 7-46, Глава 2 стр. 48-150, Глава 3 стр. 151-175, Глава 4 стр. 176-228, Глава 5 стр. 229-255);

2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с. [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=233992](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=233992) (Тема 1 стр. 6-31, Тема 2 стр. 31-58, Тема 4 стр. 80-105).

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Кол-во экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность (экз/чел)
<b>Основная литература</b>				
1.	Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=93344">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=93344</a>	Лк, ПЗ, СР	1 (ЭУ)	1
2.	Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=233992">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=233992</a>	Лк, ПЗ, СР	1 (ЭУ)	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141980">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=141980</a>	ПЗ	1 (ЭУ)	1

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ [http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>.

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru>.

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>.

5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru>.

6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>.

7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ) <https://uisrussia.msu.ru/>.

8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search>.

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Освоение дисциплины предполагает усвоение теоретического материала на лекциях, выполнение практических работ с целью проработки лекционного материала, применение изученного материала для выполнения заданий по самостоятельной работе, а также промежуточный контроль в виде зачета.

Основной задачей лекции является раскрытие содержания темы, разъяснение ее значения, выделение особенностей изучения. В ходе лекции устанавливается связь с предыдущей и последующей темами, а также с другими областями знаний, определяются направления самостоятельной работы студентов.

В конце лекции преподаватель ставит задачи для самостоятельной работы, дает рекомендации по изучению литературы, оптимальной организации самостоятельной работы, чтобы при наименьших затратах времени получить наиболее высокие результаты.

С целью успешного освоения лекционного материала рекомендуется осуществлять его конспектирование. Механизм конспектирования лекции составляют: - восприятие смыслового сегмента речи лектора с одновременным выделением значимой информации; - выделение информации с ее параллельным свертыванием в смысловой сегмент; - перенос смыслового сегмента в знаковую форму для записи посредством выделенных опорных слов; - запись смыслового сегмента с одновременным восприятием следующей информации.

На лекциях, темы и разделы дисциплины, освящаются в связке и логической последовательности. Рекомендуется особое внимание обращать на проблемные моменты, акцентируемые преподавателем. Именно на эти моменты будет обращено внимание при проведении практических занятий и на промежуточном контроле.

Основные цели и задачи, которые должны быть достигнуты в ходе выполнения самостоятельной работы, следующие: углубление и закрепление знаний по дисциплине; содействие развитию у обучающегося навыков работы с научной литературой, статистическими данными; развитие навыков практического применения полученных знаний; формирование у обучающегося навыков самостоятельного анализа.

Самостоятельную работу по дисциплине следует начать сразу же после занятия. Для работы необходимо ознакомиться с учебным планом группы и установить, какое количество часов отведено в целом на изучение дисциплины, а также на самостоятельную работу. Далее следует ознакомиться с графиком организации самостоятельной работы обучающихся и строить свою самостоятельную работу в течение семестра в соответствии с данным графиком. При этом целесообразно начинать работу по любой теме дисциплины с изучения теоретической части. Далее, по темам, содержащим эмпирический материал, следует изучить и проанализировать статистические данные. Теоретический и эмпирический материал обучающемуся необходимо изучать в течение семестра в соответствии с темами, указанными в графике. Кроме того, по эмпирическому материалу следует описать результаты анализа статистических данных в форме таблицы, диаграммы, тезисов.

В целях более эффективной организации самостоятельной работы обучающимся следует ознакомиться с нормативными актами и специальной литературой, рекомендуемой преподавателем, а также списком вопросов к зачету. При выполнении заданий по самостоятельной работе с использованием информационных интернет-ресурсов рекомендуется пользоваться только официальными ресурсами, неофициальные ресурсы не способствуют получению полной патентной информации.

Зачет служит формой проверки выполнения обучающимся практических занятий. Зачет принимается преподавателем читающим лекции по данной дисциплине, в устной форме, по средствам выдачи обучающемуся контрольных вопросов. Прием зачетов проводится в

последнюю неделю семестра в часы, отведенные для изучения соответствующей дисциплины. Результаты сдачи зачетов оцениваются «зачтено» или «не зачтено» и заносятся в экзаменационную ведомость, зачетную книжку. Оценка «не зачтено» заносится только в экзаменационную ведомость.

## 9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

### Практическое занятие № 1 Непрерывно детерминированные модели.

Цель работы: изучить непрерывно детерминированные модели

Задание:

1. Рассмотреть особенности непрерывно детерминированных подхода;
2. Провести анализ непрерывно детерминированной модели.

Порядок выполнения:

Рассмотрим особенности непрерывно детерминированного подхода на примере, используя в качестве ММ дифференциальные уравнения.

Дифференциальными уравнениями называются такие уравнения, в которых неизвестными будут функции одной переменной или нескольких переменных, причём в уравнение входят не только их функции но их производные различных порядков.

Если неизвестные - функции многих переменных, то уравнения называются — уравнения в частных производных. Если неизвестные функции одной независимой переменной, то имеют место обыкновенные дифференциальные уравнения.

Математическое соотношение для детерминированных систем в общем виде:

$$\vec{y}' = \vec{f}(\vec{y}, t), \vec{y}(t_0) = \vec{y}_0$$

Например, процесс малых колебаний маятника описан обыкновенными дифференциальным уравнением  $m_1 l_1^2 \frac{\partial^2 \Theta(t)}{\partial t^2} + m_2 g l \Theta(t) = 0$  где  $m_1, l_1$  - масса, длина подвески

маятника,  $\Theta$  - угол отклонения маятника от положения равновесия. Из этого уравнения можно найти оценки интересующих характеристик, например период колебаний  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$

Диф. уравнения, Д - схемы являются математическим аппаратом теории систем автоматического регулирования, управления.

При проектировании и эксплуатации систем САУ необходимо выбрать такие параметры системы, которые бы обеспечивали требуемую точность управления.

Следует отметить, что часто используемые в САУ системы диф. уравнений определяются путём линеаризацией управления объекта (системы), более сложного вида, имеющего нелинейности:

$$F(y^n, y^{n-1}, \dots, y, x^m, x^{m-1}, \dots, x_n) = 0:$$
$$\frac{dF}{dy_0^n} \Delta y^n + \frac{dF}{dy_0^{n-1}} \Delta y^{n-1} \dots \frac{dF}{dy_0} \Delta y + \Delta y = \frac{dF}{dx_0^m} \Delta x^m + \dots \frac{dF}{dx_0} \Delta x + \Delta x$$

Форма отчетности:

Отчет по проделанной работе.

Отчет выполняется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованной литературы. Титульный лист оформляется стандартным образом с указанием темы практической работы, фамилии, имени, отчества и должности преподавателя проверившего работу, фамилии, имени, отчества и

номера группы обучающегося выполнившего работу, а также принадлежности к тому или иному учебному учреждению. Содержание должно включать в себя наименование пунктов (частей) практической работы с их точной постраничной нумерацией. Основная часть должна содержать результаты проделанной работы обучающегося согласно порядка выполнения практической работы. В заключении подводятся итоги проделанной работы и делаются выводы о полученных результатах обучения. В списке использованной литературы указывается перечень литературы и источников информации, использованных при выполнении практической работы и подготовки обучающегося к ее защите.

Задания для самостоятельной работы:

1. Изучить непрерывно детерминированную модель.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

При выполнении задания и подготовке к практическому занятию рекомендуется просмотреть пройденный материал по теме занятия в учебно-методической литературе для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Основная литература

1. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с.
2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с.

Дополнительная литература

1. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое непрерывно детерминированные модели?
2. Каковы особенности непрерывно детерминированного подхода?
3. Что такое дифференциальное уравнение?

**Практическое занятие № 2** Дискретно – детерминированные модели.

Цель работы: изучить дискретно – детерминированные модели.

Задание:

1. Исследовать дискретно-детерминированные модели.

Порядок выполнения:

ДДМ являются предметом рассмотрения теории автоматов (ТА). ТА - раздел теоретической кибернетики, изучающей устройства, перерабатывающие дискретную информацию и меняющего свои внутренние состояния лишь в допустимые моменты времени.

Конечный автомат имеет множество внутренних состояний и входных сигналов, являющихся конечными множествами. Автомат задаётся F- схемой:

$$F = \langle Z, X, Y, \varphi, \psi, z_0 \rangle,$$

где  $Z, X, Y$  - соответственно конечные множества входных, выходных сигналов (алфавитов) и конечное множество внутренних состояний (алфавита).  $z_0 \in Z$  - начальное состояние;  $\varphi(z, x)$  - функция переходов;  $\psi(z, x)$  - функция выхода. Автомат функционирует в дискретном автоматном времени, моментами которого являются такты, т.е. примыкающие друг к другу равные интервалы времени, каждому из которых соответствуют постоянные

значения входного, выходного сигнала и внутреннего состояния. Абстрактный автомат имеет один входной и один выходной каналы.

В момент  $t$ , будучи в состоянии  $z(t)$ , автомат способен воспринять сигнал  $x(t)$  и выдать сигнал  $y(t)=\psi[z(t),x(t)]$ , переходя в состояние  $z(t+1)=\varphi[z(t),z(t)]$ ,  $z(t)\in Z$ ;  $y(t)\in Y$ ;  $x(t)\in X$ . Абстрактный КА в начальном состоянии  $z_0$  принимая сигналы  $x(0)$ ,  $x(1)$ ,  $x(2)$  ... выдаёт сигналы  $y(0)$ ,  $y(1)$ ,  $y(2)$ ... (выходное слово).

Существуют F- автомат 1-ого рода (Миля), функционирующий по схеме:

$$z(t+1)=\varphi[z(t),z(t)], t=0,1,2\dots$$

$$y(t)=\psi[z(t),x(t)], t=0,1,2\dots$$

F- автомат 2-ого рода:

$$z(t+1)=\varphi[z(t),z(t)], t=0,1,2\dots$$

$$y(t)=\psi[z(t),x(t-1)], t=1,2,3\dots$$

Автомат 2-ого рода, для которого  $y(t)=\psi[z(t)]$ ,  $t=0,1,2,\dots$

т.е. функция выходов не зависит от входной переменной  $x(t)$ , называется автоматом Мура.

Т.о. уравнения 1-5 полностью задающие F- автомат, являются частным случаем уравнения

$$\bar{z}(t) = \Phi(\bar{z}_0, \bar{x}, \bar{v}, \bar{h}, t)$$

где  $\bar{z}$  - вектор состояния,  $\bar{x}$  - вектор независимых входных переменных,  $\bar{v}$  - вектор воздействий внешней среды,  $\bar{h}$  - вектор собственных внутренних параметров системы,  $\bar{z}_0$  - вектор начального состояния,  $t$  - время; и уравнение  $\bar{y}(t) = F(\bar{z}, t)$  когда система  $S$  - денормированная и на её вход поступает дискретный сигнал  $x$ .

По числу состояний конечные автоматы бывают с памятью и без памяти. Автоматы с памятью имеют более одного состояния, а автоматы без памяти (комбинационные или логические схемы) обладают лишь одним состоянием. При этом согласно (2), работа комбинационной схемы заключается в том, что она ставит в соответствие каждому входному сигналу  $x(t)$  определённый выходной сигнал  $y(t)$ , т.е. реализует логическую функцию вида:

$$y(t)=\psi[x(t)], t=0,1,2,\dots$$

Эта функция называется булевой, если алфавиты  $X$  и  $Y$ , которым принадлежат значения сигналов  $x$  и  $y$  состоят из 2-х букв.

По характеру отсчёта времени (дискретному) F- автоматы делятся на синхронные и асинхронные. В синхронных автоматах моменты времени, в которые автомат "считывает" входные сигналы, определяются принудительно синхронизирующими сигналами. Реакция автомата на каждое значение входного сигнала заканчивается за один такт синхронизации. Асинхронный F- автомат считывает входной сигнал непрерывно и поэтому, реагируя на достаточно длинный входной сигнал постоянной величины  $x$ , он может, как это следует из 1-5, несколько раз изменить своё состояние, выдавая соответствующее число выходных сигналов, пока не перейдёт в устойчивое.

Для задания F- автомата необходимо описать все элементы множества  $F=\langle z, x, y, \varphi, \psi, z_0 \rangle$ , т.е. входной, внутренней и выходной алфавиты, а также функции переходов и выходов. Для задания работы F- автоматов наиболее часто используются табличный, графический и матричный способ.

В табличном способе задания используется таблицы переходов и выходов, строки которых соответствуют входным сигналам автомата, а столбцы - его состояниям. При этом обычно 1-ый столбец слева соответствует начальному состоянию  $z_0$ . На пересечении  $i$ -ой строки и  $j$ -ого столбца таблицы переходов помещается соответствующее значение  $\varphi(z_k, x_i)$  функции переходов, а в таблице выходов -  $\psi(z_k, x_i)$  функции выходов. Для F- автомата Мура обе таблицы можно совместить, получив т.н. отмеченную таблицу переходов, в которой над каждым состоянием  $z_k$  автомата, обозначающим столбец таблицы, стоит соответствующий этому состоянию, согласно (5), выходной сигнал  $\psi(z_i)$ .

Форма отчетности:

Отчет по проделанной работе.

Отчет выполняется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованной литературы. Титульный лист оформляется стандартным образом с указанием темы практической работы, фамилии, имени, отчества и должности преподавателя проверившего работу, фамилии, имени, отчества и номера группы обучающегося выполнившего работу, а также принадлежности к тому или иному учебному учреждению. Содержание должно включать в себя наименование пунктов (частей) практической работы с их точной постраничной нумерацией. Основная часть должна содержать результаты проделанной работы обучающимся согласно порядка выполнения практической работы. В заключении подводятся итоги проделанной работы и делаются выводы о полученных результатах обучения. В списке использованной литературы указывается перечень литературы и источников информации, использованных при выполнении практической работы и подготовки обучающегося к ее защите.

Задания для самостоятельной работы:

1. Исследовать дискретно-детерминированные модели.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

При выполнении задания и подготовке к практическому занятию рекомендуется просмотреть пройденный материал по теме занятия в учебно-методической литературе для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Основная литература

1. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с.
2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с.

Дополнительная литература

1. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое дискретно-детерминированные модели?
2. Что называется теорией автоматов?

**Практическое занятие № 3** Непрерывно-стохастические модели.

Цель работы: изучить непрерывно-стохастические модели.

Задание:

1. Провести исследование непрерывно-стохастической модели.

Порядок выполнения:

Предмет ТМО — системы массового обслуживания (СМО) и сети массового обслуживания. Под СМО понимают динамическую систему, предназначенную для эффективного обслуживания случайного потока заявок при ограниченных ресурсах системы.

Поступающие на вход СМО однородные заявки в зависимости от порождающей причины делятся на типы, интенсивность потока заявок типа  $i$  ( $i=1...M$ ) обозначено  $\lambda_i$ . Совокупность заявок всех типов - входящий поток СМО.

Обслуживание заявок выполняется  $m$  каналами. Различают универсальные и специализированные каналы обслуживания. Для универсального канала типа  $j$  считается известными функции распределения  $F_{ji}(\tau)$  длительности обслуживания заявок произвольного

типа. Для специализированных каналов функции распределения длительности обслуживания каналов заявок некоторых типов являются неопределёнными, назначение этих заявок на данный канал.

В качестве процесса обслуживания могут быть представлены различные по своей физической природе процессы функционирования экономических, производственных, технических и других систем, например, потоки поставок продукции некоторому предприятию, потоки деталей и комплектующих изделий на сборочном конвейере цеха, заявки на обработку информации ЭВМ от удалённых терминалов и т.д. При этом характерным для работы таких объектов является случайное поведение заявок (требований) на обслуживание и завершение обслуживания в случайные моменты времени.

Q - схемы можно исследовать аналитически и имитационными моделями. Последнее обеспечивает большую универсальность.

Рассмотрим понятие массового обслуживания.

В любом элементарном акте обслуживания можно выделить две основные составляющие: ожидание обслуживания заявкой и собственно обслуживание заявки. Это можно отобразить в виде некоторого  $i$ -ого прибора обслуживания  $\Pi_i$ , состоящего из накопителя заявок, в котором может находиться одновременно  $l_i=0 \dots L_i^H$  заявок, где  $L_i^H$  - ёмкость  $i$ -ого накопителя, и канала обслуживания заявок,  $k_i$ .

На каждый элемент прибора обслуживания  $\Pi_i$  поступают потоки событий: в накопитель  $H_i$  поток заявок  $w_i$ , на канал  $k_i$  - поток обслуживания  $u_i$ .

Потоком событий (ПС) называется последовательность событий, происходящих одно за другим в какие-то случайные моменты времени. Различают потоки однородных и неоднородных событий. Однородный ПС характеризуется только моментами поступления этих событий (вызывающими моментами) и задаётся последовательностью  $\{t_n\} = \{0 \leq t_1 \leq t_2 \dots \leq t_n \leq \dots\}$ , где  $t_n$  - момент поступления  $n$ -ого события - неотрицательное вещественное число. ОПС может быть также задан в виде последовательности промежутков времени между  $n$ -ым и  $n-1$ -ым событиями  $\{\tau_n\}$ .

Неоднородным ПС называется последовательность  $\{t_n, f_n\}$ , где  $t_n$  - вызывающие моменты;  $f_n$  - набор признаков события. Например, может быть задана принадлежность к тому или иному источнику заявок, наличие приоритета, возможность обслуживания тем или иным типом канала и т.п.

#### Форма отчетности:

Отчет по проделанной работе.

Отчет выполняется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованной литературы. Титульный лист оформляется стандартным образом с указанием темы практической работы, фамилии, имени, отчества и должности преподавателя проверившего работу, фамилии, имени, отчества и номера группы обучающегося выполнившего работу, а также принадлежности к тому или иному учебному учреждению. Содержание должно включать в себя наименование пунктов (частей) практической работы с их точной постраничной нумерацией. Основная часть должна содержать результаты проделанной работы обучающимся согласно порядка выполнения практической работы. В заключении подводятся итоги проделанной работы и делаются выводы о полученных результатах обучения. В списке использованной литературы указывается перечень литературы и источников информации, использованных при выполнении практической работы и подготовки обучающегося к ее защите.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Провести исследование непрерывно-стохастической модели.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

При выполнении задания и подготовке к практическому занятию рекомендуется просмотреть пройденный материал по теме занятия в учебно-методической литературе для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

### Основная литература

1. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с.
2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с.

### Дополнительная литература

1. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое непрерывно-стохастические модели?
2. В чем заключается система массового обслуживания?
3. Что такое Q - схемы?

#### Практическое занятие № 4 Имитационное моделирование систем.

Цель работы: изучить имитационное моделирование систем.

#### Задание:

1. Изучить процедуру имитационного моделирования;
2. Определить метод имитационного моделирования;
3. Определить алгоритм имитационного моделирования.

#### Порядок выполнения:

Процедура имитационного моделирования.

Определение метода имитационного моделирования. Метод ИМ заключается в создании логико-аналитической (математической модели системы и внешних воздействий), имитации функционирования системы, т.е. в определении временных изменений состояния системы под влиянием внешних воздействий и в поучении выборок значений выходных параметров, по которым определяются их основные вероятностные характеристики. Данное определение справедливо для стохастических систем.

При исследовании детерминированных систем отпадает необходимость изучения выборок значений выходных параметров.

Модель системы со структурным принципом управления представляет собой совокупность моделей элементов и их функциональные взаимосвязи. Модель элемента (агрегата, обслуживающего прибора) - это, в первую очередь, набор правил (алгоритмов) поведения устройства по отношению к выходным воздействиям (заявкам) и правил изменений состояний элемента. Элемент отображает функциональное устройство на том или ином уровне детализации. В простейшем случае устройство может находиться в работоспособном состоянии или в состоянии отказа. В работоспособном состоянии устройство может быть занято, например, выполнение операции по обслуживанию заявки или быть свободным. К правилам поведения устройства относятся правила выборки заявок из очереди; реакция устройства на поступление заявки, когда устройство занято или к нему имеется очередь заявок; реакция устройства на возникновение отказа в процессе обслуживания заявки и некоторые другие.

Имитационное моделирование (ИМ) — это метод исследования, который основан на том, что анализируемая динамическая система заменяется имитатором и с ним производятся эксперименты для получения об изучаемой системе. Роль имитатора зачастую выполняет программа ЭВМ.

Основная идея метода ИМ состоит в следующем. Пусть необходимо определить функцию распределения случайной величины  $u$ . Допустим, что искомая величина  $u$  может

быть представлена в виде зависимости:  $y=f(\alpha,\beta,\dots,\omega)$  где  $\alpha,\beta,\dots,\omega$  случайные величины с известными функциями распределения.

Для решения задач такого вида применяется следующий алгоритм:

- 1) по каждой из величин  $\alpha,\beta,\dots,\omega$  производится случайное испытание, в результате каждого определяется некоторое конкретное значение случайной величины  $\alpha_i,\beta_i,\dots,\omega_i$ ;
- 2) используя найденные величины, определяется одно частное значение  $y_i$  по выше приведенной зависимости;
- 3) предыдущие операции повторяются  $N$  раз, в результате чего определяется  $N$  значений случайной величины  $y$ ;
- 4) на основании  $N$  значений величины находится её эмпирическая функция распределения.

#### Форма отчетности:

Отчет по проделанной работе.

Отчет выполняется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованной литературы. Титульный лист оформляется стандартным образом с указанием темы практической работы, фамилии, имени, отчества и должности преподавателя проверившего работу, фамилии, имени, отчества и номера группы обучающегося выполнившего работу, а также принадлежности к тому или иному учебному учреждению. Содержание должно включать в себя наименование пунктов (частей) практической работы с их точной постраничной нумерацией. Основная часть должна содержать результаты проделанной работы обучающимся согласно порядка выполнения практической работы. В заключении подводятся итоги проделанной работы и делаются выводы о полученных результатах обучения. В списке использованной литературы указывается перечень литературы и источников информации, использованных при выполнении практической работы и подготовки обучающего к ее защите.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Провести имитационное моделирование заданной системы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

При выполнении задания и подготовке к практическому занятию рекомендуется просмотреть пройденный материал по теме занятия в учебно-методической литературе для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

#### Основная литература

1. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с.
2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с.

#### Дополнительная литература

1. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое имитационное моделирование?
2. Что такое имитационные модели?

**Практическое занятие № 5** Методы определения характеристик моделируемых систем.

Цель работы: изучить методы определения характеристик моделируемых систем.

Задание:

1. Изучить измеряемые характеристики моделируемых систем;
2. Определить матожидание и дисперсии выходной характеристики;
3. Построение гистограммы.

Порядок выполнения:

При имитационном моделировании можно измерять значения любых характеристик, интересующих исследователя. Обычно по результатам вычислений определяются характеристики всей системы, каждого потока и устройства.

Для всей системы производится подсчёт поступивших в систему заявок, полностью обслуженных и покинувших систему заявок без обслуживания по тем или иным причинам. Соотношения этих величин характеризует производительность системы при определённой рабочей нагрузке.

По каждому потоку заявок могут вычисляться времена реакций и ожидания, количества обслуженных и потерянных заявок. По каждому устройству определяется время загрузки при обслуживании одной заявки  $m$  число обслуженным устройством заявок, время простоя устройства в результате отказов и количество отказов, возникших в процессе моделирования, длины очередей и занимаемые ёмкости памяти.

При статистическом моделировании большая часть характеристик — это случайные величины. По каждой такой характеристике  $y$  определяется  $N$  значений, по которым строится гистограмма относительных частот, вычисляется математическое ожидание, дисперсия и моменты более высокого порядка, определяются средние по времени и максимальные значения. Коэффициенты загрузки устройств вычисляются по формуле:

$$\rho_k = V_k \cdot N_{ok} / T_m$$

$V_k$  - среднее время обслуживания одной заявки  $k$ -ым устройством;

$N_{ok}$  - количество обслуженных заявок устройством за время моделирования  $T_m$ .

Определение условий удовлетворения стохастических ограничений при имитационном моделировании производится путём простого подсчёта количества измерений, вышедших и не вышедших за допустимые пределы.

Расчёт математического ожидания и дисперсии выходной характеристики.

В случае стационарного эргодического процесса функционирования системы вычисление  $M(y)$  и  $D(y)$  выходной характеристики  $y$  производится усреднением не по времени, а по множеству  $N_{\text{знач.}}$  измеренных по одной реализации достаточной длительности. В целях экономия ОЗУ ЭВМ  $M(y)$  и  $D(y)$  вычисляются по рекуррентным формулам:

$$m_n = m_{n-1} \cdot (n-1) / n + y / n;$$

где  $m_{n-1}$  - математическое ожидание, вычисленное на предыдущем шаге.

$$d_n = d_{n-1} \cdot (n-2) / (n-1) + 1/n \cdot (y_n - m_{n-1})^2$$

здесь  $d_{n-1}$  - дисперсия, вычисленная на предыдущем шаге.

При большом количестве измерений эти оценки являются состоятельными и несмещёнными.

Построение гистограммы для стационарной системы.

$\Gamma$  - эмпирическая плотность распределения вероятностей. Задаются границы изменения интересующей характеристики.  $y_i \rightarrow [y_n; y_b]$ , числом интервалов  $N_g$ . Определяется ширина интервала  $\Delta = (y_n - y_b) / N_g$ .

Затем в процессе моделирования по мере появления значений  $y_i$  определяется число попаданий этой случайной величины в каждый из интервалов  $R_i$  гистограммы. По этим данным вычисляется относительная частота по каждому интервалу:  $G_i = R_i / (N \cdot \Delta)$ , где  $N$  - общее число измерений  $y$ . Площадь гистограммы равна единице, равна сумме площадей:

$$S_i = \sum_1^{N_g} G_i \cdot \Delta = \sum \frac{R_i}{N \cdot \Delta} \cdot \Delta = \sum \frac{R_i}{N} = 1, \quad \text{т.к. } N = \sum_1^{N_g} R_i$$

При необходимости выдвигается гипотеза о том, что эмпирическое распределение согласуется с некоторым теоретическим распределением. Эта гипотеза проверяется по тому

или иному критерию. Например, при использовании критерия  $\chi^2$  в качестве меры расхождения используется выражение

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_g} (R_i - N * P_i)^2}{N * P_i};$$

где -  $P_i$  определяется из выбранного теоретического распределения вероятность попадания случайной величины в  $i$ -ый интервал.

$$P_i = \int_{y_i}^{y_{i+1}} \varphi(x) dx = F(y_{i+1}) - F(y_i)$$

Из теоремы Пирсона следует, что для любой функции распределения  $F(y)$  случайной величины  $y$  при  $N \rightarrow \infty$  распределения величины  $\chi^2$  имеет вид:

$$M_k(z) = P(\chi^2 < z) = \frac{1}{2^{k/2} * \Gamma(k/2)} \int_0^z t^{k/2-1} * e^{-t/2} dt, \text{ где } z - \text{значение случайной величины } \chi^2,$$

$k = N_g - (r + 1)$  - число степеней свободы распределения  $\chi^2$ .  $r$  - количество параметров теоретического распределения,  $\Gamma(k/2)$  - гамма функция.

#### Форма отчетности:

Отчет по проделанной работе.

Отчет выполняется на листах формата А4 и содержит: титульный лист, содержание, основную часть, заключение, список использованной литературы. Титульный лист оформляется стандартным образом с указанием темы практической работы, фамилии, имени, отчества и должности преподавателя проверившего работу, фамилии, имени, отчества и номера группы обучающегося выполнившего работу, а также принадлежности к тому или иному учебному учреждению. Содержание должно включать в себя наименование пунктов (частей) практической работы с их точной постраничной нумерацией. Основная часть должна содержать результаты проделанной работы обучающимся согласно порядка выполнения практической работы. В заключении подводятся итоги проделанной работы и делаются выводы о полученных результатах обучения. В списке использованной литературы указывается перечень литературы и источников информации, использованных при выполнении практической работы и подготовки обучающегося к ее защите.

#### Задания для самостоятельной работы:

1. Определить характеристики моделируемой системы.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к практическому занятию:

При выполнении задания и подготовке к практическому занятию рекомендуется просмотреть пройденный материал по теме занятия в учебно-методической литературе для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

#### Основная литература

1. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец - М.: Флинта, 2016. – 271 с.
2. Губарь Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 153 с.

#### Дополнительная литература

1. Моделирование систем: учебное пособие / В. С. Кудряшов, М. В. Алексеев - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. – 208 с.

#### Контрольные вопросы для самопроверки

1. Назовите методы определения характеристик моделируемых систем?

2. Что такое измеряемые характеристики моделируемых систем?

## 9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

Выполнение обучающимся контрольной работы осуществляется в процессе изучения дисциплины «Математическое моделирование технологических процессов лесных машин». В процессе выполнения обучающийся закрепляет теоретические знания и приобретает навыки самостоятельной работы с технической литературой.

В ходе контрольной работы обучающимся производится изучение детерминированных, стохастических и имитационных моделей, а также методы определения характеристик моделируемых систем.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникационные технологии - преподаватель использует для получения информации при подготовке к занятиям.

- ОС Windows 7 Professional;
- Microsoft Imagine Premium;
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория	-	-
	Лаборатория современных технологий лесозаготовок	Проектор, ПК, интерактивный экран	
ПЗ	Лаборатория лесных машин	-	№1-№5
	Лаборатория современных технологий лесозаготовок	Проектор, ПК, интерактивный экран	
СР	ЧЗ1	-	-
кр	ЧЗ1	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	1. Математическое моделирование технологических процессов	1.1. Математическое моделирование технологических процессов лесных машин	Вопросы к зачету

**2. Вопросы к зачету**

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Моделирование: математическое, научное и интуитивное?</li> <li>2. Принципы моделирования?</li> <li>3. Модель: когнитивная, концептуальная и формальная?</li> <li>4. Классификация моделей в зависимости от сложности: простые, сложные и структурные модели?</li> <li>5. Неопределенность моделей: детерминированные, стохастические, интервальные и нечеткие модели?</li> <li>6. Модели по отношению ко времени: динамические (стационарные и нестационарные) и статические.</li> <li>7. Модели по отношению к пространству: одномерные, двумерные и трехмерные?</li> <li>8. Методы реализации математических моделей: аналитические (алгебраические и приближенные) и алгоритмические (численные и имитационные)?</li> <li>9. Что такое непрерывно детерминированные модели?</li> <li>10. Каковы особенности непрерывно детерминированного подхода?</li> <li>11. Что такое дифференциальное уравнение?</li> <li>12. Что такое дискретно-детерминированные модели?</li> <li>13. Что называется теорией автоматов?</li> </ol>	1. Основные понятия интеллектуальной собственности

1	2	3	4	5
			14. Что такое непрерывно-стохастические модели? 15. В чем заключается система массового обслуживания? 16. Что такое Q - схемы? 17. Что такое имитационное моделирование? 18. Что такое имитационные модели? 19. Назовите методы определения характеристик моделируемых систем? 20. Что такое измеряемые характеристики моделируемых систем?	

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<b>Знать</b> (ПК-2): – принципы и методы математического моделирования технических объектов и технологических процессов; <b>Уметь</b> (ПК-2): – применять методы математического моделирования технических объектов и технологических процессов; <b>Владеть</b> (ПК-8): – навыками математического моделирования технических объектов и технологических процессов.	<b>зачтено</b>	Обучающийся в полной мере проявил умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
	<b>не зачтено</b>	Обучающийся не проявил умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Математическое моделирование технологических процессов лесных машин направлена на ознакомление обучающихся с основами математического моделирования технологических процессов лесозаготовительных машин и оборудования.

Изучение дисциплины Защита интеллектуальной собственности предусматривает:

- лекции;
- практические занятия;
- самостоятельную работу;
- контрольную работу;
- зачет.

В ходе освоения раздела 1 Математическое моделирование технологических процессов обучающиеся должны уяснить основные понятия математического моделирования, классификацию моделей и методы моделирования.

Необходимо овладеть умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на классификацию математических моделей, далее уяснить особенности моделирования, после чего переходить к методов математического моделирования.

Обучающемуся необходимо овладеть следующими ключевыми понятиями: модель, моделирования, детерминированные модели, стохастические модели, динамические модели, статические модели, одномерные модели, многомерные модели.

При подготовке к зачету рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: классификация моделей, принципы моделирование, методы определения характеристик моделируемых систем.

В процессе проведения практических занятий происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления о математическом моделировании и исследовании математических моделей.

Самостоятельную работу необходимо начинать с повторения пройденного материала и изучения источников рекомендуемой литературы.

В процессе консультации с преподавателем студент задает уточняющие вопросы для более полного раскрытия тем дисциплины и получает рекомендации преподавателя для самостоятельного изучения неусвоенного материала.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**

**Математическое моделирование технологических процессов  
лесных машин**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является: изучение основ математического моделирования технологических процессов лесозаготовительных машин и оборудования.

Задачей изучения дисциплины является: сформировать умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов, 3 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1 – Математическое моделирование технологических процессов.

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

ПК-2 - умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов.

**4. Вид промежуточной аттестации: зачет.**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*(подпись)*

\_\_\_\_\_

*(Ф.И.О.)*

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование от «20» октября 2015 г. № 1170 **для набора 2014 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «02» июля 2018 г. № 413; **для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. № 769; **для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429; **для набора 2017 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125;

**Программу составил:**

Бырдин П.В., доцент, к.т.н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ВиПЛР

от «25» декабря 2018 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой ВиПЛР \_\_\_\_\_ Иванов В.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой ВиПЛР \_\_\_\_\_ Иванов В.А.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЛПФ

от «27» декабря 2018 г., протокол № 4

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ Сыромаха С.М.

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Нежевец Г.П.

Регистрационный № \_\_\_\_\_

(методический отдел)