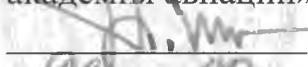


УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ»

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор  
УО «Белорусская государственная  
академия авиации»

 А.А.Шегидевич

« 08 » 12 2018 г.

УПД – ВОІ – 2017 – ЕНД- 133

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:**

**1-37 04 03 «Беспилотные авиационные комплексы (по направлениям)»  
направление специальности:**

**1-37 04 03-02 «Беспилотные авиационные комплексы (гражданской  
авиации)»**

2018 г.

## Рецензия

на учебную программу по дисциплине «Моделирование систем и процессов»

Программа дисциплины «Моделирование систем и процессов» составлена в соответствии с учебным планом.

Предложенная программа способна обеспечить в полном объеме изучение дисциплины «Моделирование систем и процессов» и может быть рекомендована к исполнению.

Программа состоит из двух разделов. В первом разделе дается общее представление о задачах и целях моделирования, о требованиях, предъявляемых к математическим моделям и о наиболее распространенных методах разработки математических моделей. Второй раздел программы посвящен вычислительным методам и приемам решения задач моделирования на ЭВМ, а также вопросам оптимизации.

Программа освещает все основные вопросы, связанные с построением и исследованием математических моделей технических систем. Основной упор в программе делается на практике моделирования конкретных примеров авиационных систем.

Программа реализует цель изучения данной дисциплины: формирование знаний и умений по анализу и построению и исследованию моделей эксплуатации авиационных комплексов с их последующим применением в решении задач надежности и технической эксплуатации.

Предложенная программа способна обеспечить в полном объеме изучение дисциплины «Моделирование систем и процессов» и может быть рекомендована к исполнению.

Содержание учебного материала, включенного в учебную программу, систематизировано и представлено в логической последовательности, что обеспечивает системный подход в изучении дисциплины.

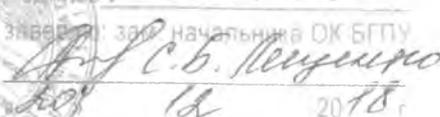
Компоненты и структура учебной программы позволяют преподавателям, осуществляющим подготовку курсантов, организовывать качественное изучение дисциплины.

Рецензируемая программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования и согласована с учебным планом. Программа рекомендуется для утверждения и использования в учебном процессе Учреждения образования БГАА.

Заведующий кафедрой физики  
и методики преподавания физики  
Белорусского государственного  
педагогического университета им. М.Танка  
д. ф. – м. н., профессор

 В.Р.Соболь



Подпись:   
Знак:   
2018

## Рецензия

на учебную программу по дисциплине «Моделирование систем и процессов»

Программа дисциплины «Моделирование систем и процессов» составлена в соответствии с учебным планом.

В указанной учебной программе установлены межпредметные связи с такими дисциплинами как «Высшая математика» и «Физика»

Программа состоит из двух разделов. В первом разделе дается общее представление о задачах и целях моделирования, о требованиях, предъявляемых к математическим моделям и о наиболее распространенных методах разработки математических моделей. Второй раздел программы посвящен вычислительным методам и приемам решения задач моделирования на ЭВМ, а также вопросам оптимизации.

Программа освещает все основные вопросы, связанные с построением и исследованием математических моделей технических систем. Основной упор в программе делается на практике моделирования конкретных примеров авиационных систем.

Программа реализует цель изучения данной дисциплины: формирование знаний и умений по анализу и построению и исследованию моделей эксплуатации авиационных комплексов с их последующим применением в решении задач надежности и технической эксплуатации.

Содержание учебного материала, включенного в учебную программу, систематизировано и представлено в логической последовательности, что обеспечивает системный подход в изучении дисциплины.

Компоненты и структура учебной программы позволяют преподавателям, осуществляющим подготовку курсантов, организовывать качественное изучение дисциплины.

Предложенная программа отражает основные особенности изучения курса «Моделирование систем и процессов» и удовлетворяет современному уровню требований к подготовке кадров. Рассмотренная выше программа может быть рекомендована к исполнению.



профессор кафедры радиофизики  
и цифровых медиатехнологий  
факультета радиофизики и компьютерных технологий  
Белорусского государственного  
университета  
д. ф. – м. н., профессор

А.С.Рудницкий

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель учебной дисциплины: формирование у курсантов знаний методических основ разработки и применения моделей систем и процессов в авиационной технике.

Задачи учебной дисциплины: обучение студентов навыкам построения и анализа моделей систем и процессов.

«Моделирование систем и процессов» имеет большое значение в комплексе подготовке инженеров. Дисциплина повышает общетехнический уровень авиационного специалиста и помогает понять принципы эксплуатации систем авиационной техники.

Изучая данную дисциплину, курсанты применяют знания, полученные в процессе изучения следующих дисциплин: «Физика», «Высшая математика», «Современные информационные технологии», в то же время дисциплина обеспечивает изучение следующих дисциплин учебного плана: «Авиационные антенно-фидерные устройства», «Радиоприемные и радиопередающие устройства», «Радионавигационные системы», «Системы связи», «Радионавигационные системы», «Устройство и эксплуатация средств связи и систем передачи данных БАК».

В результате изучения дисциплины курсант должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-37 04 03-2017 «Беспилотные авиационные комплексы»:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Владеть навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-6. Уметь работать в коллективе.

Обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК):

ПК-7. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-8. Анализировать и оценивать собранные данные.

ПК-10. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них.

ПК-11. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-13. Разрабатывать и совершенствовать технологические процессы и документацию.

ПК-16. Внедрять эффективные инженерные решения в практику

ПК-31. Анализировать и исследовать методы и технологии, применяемые на всех этапах жизненного цикла беспилотных авиационных комплексов.

ПК-33. Разрабатывать планы, программы и методики исследования беспилотных авиационных комплексов.

ПК-34. Разрабатывать и исследовать методики анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования беспилотных авиационных комплексов.

В результате изучения дисциплины курсант должен иметь образовательный уровень, который, в соответствии с Руководством по обучению ИКАО Doc 7192 А-1, необходим для изучения авиационных дисциплин.

В результате изучения учебной дисциплины курсант должен

знать: основные понятия теории моделирования; классификацию моделей и систем; основные требования, предъявляемые к математическим моделям; математические основы моделирования систем; методологию построения математических моделей.

уметь: строить математические модели систем и процессов; оценивать адекватность модели; планировать эксперимент для анализа системы или процесса; обрабатывать результаты эксперимента и оценивать их; планировать и проводить вычислительный эксперимент на математической модели.

владеть: методикой применения математического аппарата к решению задач математического моделирования линейных систем; основами теории систем линейных дифференциальных уравнений методикой ее применения в задачах математического моделирования линейных систем; элементами методов математического программирования и методикой их применения в математических моделях; элементами теории случайных процессов и методикой ее применения в математических моделях.

Форма получения высшего образования – очная.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины «Моделирование систем и процессов» отводится 60 часов, в том числе – 38 часов аудиторных занятий. Распределение аудиторного времени по видам занятий и семестрам: в 4-ом семестре – 38 часов аудиторных занятий, из них: лекции – 8 часов, практические занятия – 26 часов, контрольная работа – 2 часа, зачет -2 часа.

При изучении данной дисциплины используется такая форма текущей аттестации как дифференцированный зачет.

## II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### ТЕМА 1. Методология математического моделирования.

Основные понятия и определения. Целесообразность использования моделей. Наиболее характерные цели моделирования. Виды моделирования. Процессы формализации и интерпретации. Синтетический и аналитический подход при исследовании. Соотношение затрат и точности при моделировании. Классификация задач моделирования. Преимущества и недостатки математического моделирования.

Классификация математических моделей. Виды математического моделирования. Вычислительный эксперимент. Этапы математического моделирования. Этапы вычислительного эксперимента. Вычислительный эксперимент, как вариант использования математической модели. Понятие об адекватности математической модели. Точность и непротиворечивость математических моделей. Причины возникновения погрешности при математическом моделировании. Оценка погрешности приближенных вычислений. Расчет погрешности при моделировании.

Оценка погрешности при моделировании. Задача идентификации при построении математической модели. Построение модели как компромисс между простотой и адекватностью. Проблемы построения моделей. Подобие. Анализ размерностей как метод математического моделирования.

Критерий подобия. Составление математической модели с помощью критерия подобия. Исследование математической модели с помощью критерия подобия. Степенной комплекс. Понятие о П-теореме. Механически подобные системы. Правило Ньютона. Составление математической модели с помощью правила Ньютона. Построение механически подобных систем

Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) как прием для имитации работы системы. Приближенное решение уравнений методом отделения корней при моделировании задач движения летательного аппарата. Графический способ отделения корней. Отделение корней расчетным способом. Пример построения имитационной математической модели работы аэродрома.

### ТЕМА 2. Вычислительные методы и приемы при моделировании.

Общая характеристика численных методов. Методы алгебры: решение систем алгебраических уравнений – методы исключения, итерационные методы. Методы: секущих (хорд), деления отрезка пополам, золотого сечения, касательных (Ньютона). Уточнение корней уравнения методом простых итераций при моделировании задач движения летательного аппарата. Преобразование исходного уравнения. Численное интегрирование. Интегрирование методом прямоугольников. Интегрирование методом трапеций. Методы алгебры: методы интерполяции (линейная,

трапеций. Методы алгебры: методы интерполяции (линейная, квадратичная, полиномиальная, сплайновая, пример), методы аппроксимации. Пример особенностей аппроксимации поляры самолета. моделировании задач управления летательным аппаратом. Аппроксимация степенными полиномами. Аппроксимация сплайнами. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений (задача Коши) – разностные методы: Эйлера, Адамса, "прогноз-коррекция", Рунге-Кутты. Понятие о возможности контроля погрешности и изменения шага интегрирования. Методы интегрирования дифференциальных уравнений с частными производными: разностные методы, сеточные функции. Сравнение простейших методов численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений (решения задачи Коши). Методы решения краевых задач: методы прогонки и стрельбы.

Численное интегрирование. Интегрирование с использованием формулы Симпсона. Исследование точности численного интегрирования. Сравнение точности и быстродействия. Пример решения задачи линейного программирования симплекс-методом. Задача нелинейного программирования.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Для специальности 1-37 04 03 «Беспилотные авиационные комплексы (по направлениям)»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, учебного занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			самостоятельная работа	Методические пособия, средства обучения (оборудование, учебно-наглядные пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ (56ч.)</b>	<b>8</b>	<b>26</b>		<b>22</b>			
1	<b>Тема 1. Методология математического моделирования(16ч.)</b>	<b>6</b>	<b>10</b>					
1.1	Основные понятия. 1.Наиболее характерные цели моделирования. 2.Виды моделирования. 3.Процессы формализации и интерпретации. 4.Соотношение затрат и точности при моделировании.	2				Презентация	[1]	Опрос
1.2	Виды и этапы математического моделирования. 1.Виды математического моделирования. 2.Этапы математического моделирования. 3.Вычислительный эксперимент.	2				Презентация	[1]	Выборочный опрос
1.3	Адекватность математических моделей. 1.Понятие об адекватности математической модели. 2.Точность и непротиворечивость математических моделей. 3.Причины возникновения погрешности при математическом моделировании.		2				[1]	
1.4	Расчет точности математических моделей. 1.Расчет погрешности при моделировании. 2.Оценка погрешности при моделировании.		2			Калькулятор	Описание работы	тест

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.5	Анализ размерностей в моделировании. 1.Подобие. 2.Анализ размерностей как метод математического моделирования. 3.Критерий подобия.		2				[2]	
1.6	Построение подобных моделей. 1.Понятие о П-теореме. 1.Составление математической модели с помощью правила Ньютона. 2.Построение механически подобных систем.		2			Калькулятор	[2] Описание работы	Защита отчета
1.7	Метод Монте-Карло. 1.Метод статистических испытаний. 2.Имитации работы системы.	2					[3]	
1.8	Построение имитационной математической модели работы аэродрома. 1.Составление таблицы. 2.Интерпретация результатов.		2			Презентация		
1.9	Контрольная работа по теме «Методология математического моделирования»							
СР1	Составление подробной математической модели 1. Анализ исходных данных. 2. Проверка результатов.				6	УМК		реферат
СР2	Погрешности в моделировании 1.Погрешности разрядной сетки. 2.Погрешности арифметических операций.				6	УМК		реферат

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	<b>Тема 2</b> <b>Вычислительные методы и приемы при моделировании(28 ч.)</b>	2	16		10			
2.1	Численные методы. 1.Классификация и особенности численных методов. 2.Численные методы решения уравнений. 3.Численное интегрирование. 4.Аппроксимация и интерполяция.	2					[5]	Опрос
2.2	Уточнение корней уравнения методом дихотомии. 1.Преобразование исходного уравнения. 2.Построение итерационного процесса. 3.Проверка результатов.		2			ПЭВМ	[5] Описание работы	Защита отчета
2.3	Уточнение корней уравнения методом простых итераций. 1.Преобразование исходного уравнения. 2.Построение итерационного процесса. 3.Проверка результатов.		2			ПЭВМ	[5] Описание работы	Защита отчета
2.4	Численное интегрирование. 1.Метод прямоугольников. 2.Метод трапеций.		2			ПЭВМ	[5] Описание работы	Защита отчета
2.5	Методы интерполяции и аппроксимации. 1. Линейная интерполяция. 2. Квадратичная интерполяция. 3. Полиномиальная интерполяция. 4. Сплайновая интерполяция.		2			Калькулятор	[5]	тест
2.6	Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений 1.Метод Эйлера. 1. Метод Адамса. 2. Метод Рунге-Кутты.		2			ПЭВМ	[5] Описание работы	Защита отчета

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.7	Решение задачи линейного программирования симплекс-методом. 1.Выбор базисного решения. 2.Поиск опорного элемента. 3.Пересчет таблицы.		2				[7]	
2.8	Моделирование случайной величины. 1.Постановка задачи. 2.Построение математической модели. 3.Получение и анализ результатов.		2			ПЭВМ	Описание работы	Защита отчета
2.9	Моделирование случайной величины с заданным законом распределения. 1.Постановка задачи. 2.Построение математической модели. 3.Получение и анализ результатов.		2			ПЭВМ	[5] Описание работы	Защита отчета
2.10	Контрольная работа по теме «Методология математического моделирования»							
СР3	Моделирование динамики полета дельтаплана. 1.Построение математической модели 2.Анализ результатов.				6	УМК		реферат
СР4	Управление парком авиационных комплексов. 1.Построение математической модели 2.Анализ результатов.				4	УМК		реферат
2.11	Итоговая контрольная работа за семестр							
	Итого за семестр	<b>8</b>	<b>26</b>		<b>22</b>			

## IV. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 4.1. ЛИТЕРАТУРА

#### ОСНОВНАЯ:

1. Денежкина И.Е. Основы моделирования задач динамики полета: учебное пособие / И.Е.Денежкина, И.М.Шаронова. – М.: Изд-во МАИ, 1992. – 123 с.
2. Сена Л. А. Единицы физических величин и их размерности/Л.А.Сена — 3-е изд. М.: Наука, 1988. – 132 с.
3. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем/В.П. Тарасик. – Минск: Дизайн Про, 2004. – 640 с.
4. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры/А.А.Самарский, Михайлов А.П. – 2-е изд., испр. М.:Физматлит, 2002. – 320 с.
5. Амосов А.А. Вычислительные методы для инженеров/А.А.Амосов, Ю.А.Дубинский, Н.В.Копченова. – М.: Высшая школа, 1994. – 544 с.
6. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB/ Ю. Лазарев. – Питер, 2005. – 511 с.
7. Гилл Ф. Практическая оптимизация/Ф.Гилл, У. Мюррей, М. Райт. Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. – 320 с.
8. Горбачевич Е. Д. Аналоговое моделирование систем управления/Е.Д. Горбачевич, Ф.Ф. Левизон. – Наука, 1984. – 320 с.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ:

9. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем/В.П. Тарасик. – Минск: Дизайн Про, 2004. – 640 с.
10. Денисов А. А. Теория больших систем управления/А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Ленинград: Энерго издание, 1982. – 288 с.
11. Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления/Е.П. Попов. – М: Наука, 1986. – 768 с.

#### НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ:

12. Руководство по обучению Doc 7192 AN/875, утверждено генеральным секретарем международной организации гражданской авиации. Издание второе, 2003 г. – 214 с.

### 4.2. ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

1. Устный и письменный опрос во время практических занятий.
2. Тесты по темам дисциплины.
3. Зачет.
4. Контрольная работа.

### 4.3. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1. Адекватность математических моделей.
2. Расчет точности математических моделей.

3. Анализ размерностей в моделировании.
4. Построение подобных моделей.
5. Построение имитационной математической модели
6. Моделирование систем массового обслуживания
7. Уточнение корней уравнения методом дихотомии.
8. Локализация корней уравнения.
9. Уточнение корней уравнения методом простых итераций.
10. Численное интегрирование.
11. Методы интерполяции и аппроксимации.
12. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений
13. Решение задачи линейного программирования симплекс-методом.
14. Моделирование случайной величины.
15. Моделирование случайной величины с заданным законом распределения.

#### **4.4. ПЕРЕЧЕНЬ НАГЛЯДНЫХ ПОСОБИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ**

1. Слайды с рисунками, поясняющие учебные вопросы дисциплины.
2. Таблицы физических величин и справочные материалы.

#### **4.4. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ**

1. Персональный компьютер.
2. Интерактивная доска.
3. Видеопроектор.

**V. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**

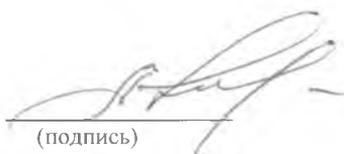
Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Радиоприемные и радиопередающие устройства	ТЭАиРЭО	Добавить в 2.9 экспоненциальное и нормальное распределение в моделирование случайной величины.	27.12.2018 г. Протокол № 5

**VII. ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ**  
на 2018/2019 учебный год

№ пп	Дополнения и изменения	Основание
	Программа действует первый год	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры естественнонаучных дисциплин (протокол от 27. декабря .2018 г. №5 )

Заведующий кафедрой  
канд. физ-мат наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**А. И. Кириленко**  
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
канд. физ-мат наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

**В.Л. Титов**  
(И.О.Фамилия)