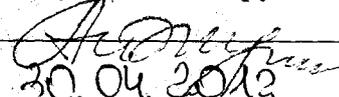


Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение по естественнонаучному образованию

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

 А.И. Жук

30.04.2012

(дата утверждения)

Регистрационный № ТД- Г. 405/тип.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
СИСТЕМ, ПРОЦЕССОВ, ЯВЛЕНИЙ**

Типовая учебная программа

для учреждений высшего образования по специальности

1-31 03 03

Прикладная математика (по направлениям)

**СОГЛАСОВАНО**

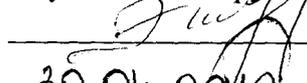
Председатель Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию

 А.Л. Толстик



**СОГЛАСОВАНО**

Зам. начальника управления высшего и среднего специального образования  
Министерства образования  
Республики Беларусь

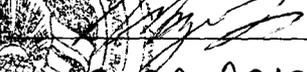
 Э.Г. Шевцов  
(И.О. Фамилия)

30.04.2012

(дата)

Проректор по учебной и воспитательной работе Государственного учреждения образования «Республиканский институт высшей школы»

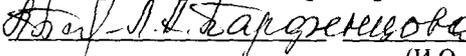


 В.И. Шупляк  
(И.О. Фамилия)

30.03.2012

(дата)

Эксперт-нормоконтролер

 Н.К. Таргженкова  
(И.О. Фамилия)

30.03.2012

(дата)

Минск 2012

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.И.Корзюк, заведующий кафедрой математической физики Белорусского государственного университета, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра информатики и компьютерного моделирования Учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»;

П. П. Матус, заместитель директора Института математики Национальной академии наук Беларуси, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:**

Кафедрой математической физики Белорусского государственного университета

(протокол № 9 от 17.02.2011 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 21.02.2011 г.);

Научно-методическим советом по прикладной математике и информатике Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию (протокол № 2 от 12.04.2011г.)

**Ответственный за выпуск:** Корзюк В. И.

### Пояснительная записка

Дисциплина «Математическое моделирование систем, процессов, явлений» посвящена построению на основе законов, которым подчиняется рассматриваемый объект, математических моделей этого объекта и исследованию построенной модели. Этот курс естественным образом примыкает к курсу «Уравнения математической физики», но в отличие от него ориентирован на решение большего количества конкретных прикладных задач, а также тесно связан с циклами дисциплин по физике и численным методам. В курсе «Уравнения математической физики» круг таких задач ограничивался рамками классической физики, но применяемые при их исследовании методы являются преимущественно математическими, что дает возможность расширить область применения изучаемых уравнений и методов с тем, чтобы выйти за рамки классической физики и использовать их в квантовой механике, биологии, экологии, экономике и других областях. Все это в совокупности и методы исследования и составляют математическое моделирование.

Цель данного курса дать краткую информацию о разнообразии математических моделей и проблемах, стоящих в разных направлениях естествознания, а также представить студентам научные направления математического моделирования.

Задачей курса является получение студентами навыков математического моделирования реальных процессов во многих областях научного знания главным образом (но не ограничиваясь ими) на основе краевых задач для уравнений в частных производных.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- основные принципы и методы построения моделей, их структуру и классификацию;
- виды математических моделей;
- детерминированные и стохастические модели;
- основные законы, на основе которых разрабатываются математические модели;
- математическое моделирование в физике: механике, термодинамике, электродинамике, газовой динамике, гидродинамике, оптике, лазерной физике, квантовой физике и других разделах физики;
- математическое моделирование в биологии, медицине, химии, экономике, экологии окружающей среды и других направлениях естествознания;
- моделирование технологических процессов изготовления полупроводниковых приборов, математическое моделирование в технологии создания программных средств;

**уметь:**

- разрабатывать и использовать математическое моделирование в самых различных предметных областях и сферах деятельности людей;
- использовать вычислительный эксперимент и компьютерное моделирование.

На лекционных занятиях по дисциплине «Математическое моделирование систем, процессов, явлений» возможно использование элементов проблемного обучения: проблемное изложение некоторых аспектов, использование частично-поискового метода.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

– лабораторные работы, рассчитанные на приобретение студентами навыков математического моделирования систем, процессов и явлений, на математическое осмысление полученных результатов и умение оценивать их точность.

Условия для самостоятельной работы студентов, в частности, для развития навыков самоконтроля, способствующих интенсификации учебного процесса, обеспечиваются:

– в рамках самостоятельной работы обеспечение проверки на использование несанкционированных материалов;

– наличием и полной доступностью электронных (и бумажных) вариантов курсов лекций, учебно-методических пособий и сборников задач по основным разделам дисциплины.

В соответствии с типовым учебным планом специальности 1- 31 03 03 «Прикладная математика (по направлениям)» учебная программа предусматривает для изучения дисциплины 95 учебных часов, в том числе 34 аудиторных часа: лекции - 26 часов, практические занятия - 8 часов.

#### Примерный тематический план

№	Название раздела	Количество аудиторных часов		
		Всего	В том числе	
			Лекции	Практические занятия
1.	Введение. Общие вопросы моделирования	2	2	
2.	<i>Раздел 1. Математическое моделирование в механике</i>	4	4	
3.	<i>Раздел 2. Математическое моделирование в термодинамике</i>	4	4	
4.	<i>Раздел 3. Моделирование в газовой динамике и гидродинамике</i>	4	4	
5.	<i>Раздел 4. Математическое моделирование в электромагнитных полях</i>	4	4	
6.	<i>Раздел 5. Математическое моделирование в квантовой механике</i>	2	2	
7.	<i>Раздел 6. Математическое моделирование в биологии</i>	2	2	
8.	<i>Раздел 7. Математическое моделирование в экологии</i>	2	2	
9.	<i>Раздел 8. Компьютерное моделирование</i>	10	2	8
	Всего	34	26	8

## Содержание

### ***Введение. Общие вопросы моделирования***

Введение в курс. Модели и моделирование. Роль моделирования в исследовании систем. Классификация моделей. Основные этапы метода математического моделирования. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Достоинства математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Основные уравнения математической физики. Задачи математической физики, описывающие физические процессы и явления

### ***Раздел 1. Математическое моделирование в механике***

Законы Ньютона и Гука. Математические модели на основе уравнений поперечных колебаний струны и мембраны. Уравнение колебаний мембраны. Задачи для волнового уравнения. Закон сохранения импульса. Математическая модель движения ракеты. Математическая модель всплытия подводной лодки. Уравнение поперечных колебаний стержней. Некоторые задачи для поперечных колебаний стержня. Уравнение равновесия балки. Уравнения колебаний пластин.

### ***Раздел 2. Математическое моделирование в термодинамике***

Закон сохранения энергии. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Модели на основе уравнения теплопроводности. Задачи сопряжения разнотипных уравнений. Задачи для уравнения Пуассона. Нелинейные задачи теплопроводности.

### ***Раздел 3. Моделирование в газовой динамике и гидродинамике***

Законы сохранения энергии в природе. Уравнение неразрывности. Тензорные поля в гидрогазодинамике. Кинематика жидкой частицы. Чистая деформация. Вихревое и безвихревое движения. Уравнения движения. Уравнение энергии. Вихревые движения идеальной жидкости. Движение вязкой жидкости. О теории крыла. Уравнения акустики. Моделирование граничных условий в акустике. О задачах в гидродинамике и газовой динамике.

### ***Раздел 4. Математическое моделирование в электромагнитных полях***

Электрическое поле. Разность потенциалов. Проводники и изоляторы. Электрические заряды и токи. Уравнение непрерывности заряда. Магнитное поле. Уравнения магнитного поля. Уравнения электростатики и магнитостатики. Интерпретация математических моделей. Аналитическое моделирование полей. Моделирование источников электрического поля. Моделирование источников магнитного поля. Граничные условия и математические модели в электродинамике.

### ***Раздел 5. Математическое моделирование в квантовой механике***

Энергия и импульс световых квантов. Атомизм. Уравнение Шредингера.

### ***Раздел 6. Математическое моделирование в биологии***

Уравнения математической биологии. Модель Мальтуса для популяции. Логистическая модель популяций. Модель Лотки-Вольтерра. Модифицированная система Лотки-Вольтерра. Устойчивость популяционных моделей. Моделирование пространственно-распределенных популяций. Уравнение Колмогорова-Петровского-Пискунова. Автомодельные решения популяционных уравнений. Моделирование популяций. Постановка начально-краевых задач. Имитационное моделирование популяций.

### **Раздел 7. Математическое моделирование в экологии**

Проблемы и задачи в экологии. Уравнение переноса. Уравнение Буссинеска. Модель загрязняющей примеси. Динамические уравнения перемещения воды. Моделирование очистных сооружений. Моделирование звукоизолирующих защитных экранов.

### **Раздел 8. Компьютерное моделирование**

Технология моделирования. Модели формального алфавита и формального языка. Основные операции на множестве формальных языков. Определение регулярного языка и связь с регулярными выражениями. Детерминированные и недетерминированные конечные автоматы. Решение задачи принадлежности слова данному регулярному языку. Регулярные грамматики в современных компьютерных технологиях.

## **Информационно-методическая часть**

### **Литература**

#### **Основная**

1. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. М.: Наука, 1997.

#### **Дополнительная**

2. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977.
3. Мышкис А. Д. Элементы теории математических моделей. М.: Наука, 1994.
4. Свирежнев Ю. М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М.: Наука, 1987.
5. Нахушев А. М. Уравнения математической биологии. М.: Высш. шк., 1995.
6. Краснощеков П. С., Петров А. А. Принципы построения моделей. М.: Изд-во МГУ, 1983.
7. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М.: Наука, 1976.
8. Матвеев А. Н. Электродинамика. М.: Высш. шк., 1980.
9. Тамм И. Е. Основы теории электричества. М.: Наука, 1989.
10. Матус П. П., Рычагов Г. П. Математическое моделирование в биологии и медицине. Мн.: Беларуская навука, 1997.
11. Сорокин П. А., Саранча Д. А. Обоснование популяционных уравнений с помощью имитационного моделирования // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2000. № 7. С. 30-43.
12. Колмогоров А. Н. Качественное изучение математических моделей динамики популяций // Проблемы кибернетики. 1972. Вып. 25. С. 101-106.
13. Мун Ф. Хаотические колебания. М.: Мир, 1990.
14. Компьютеры и нелинейные явления. М.: Наука, 1988.
15. Марри Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. М.: Мир, 1983.
16. Моисеев Н. Н. Модели экологии и эволюции. М.: Знание, 1983.

17. *Моисеев Н. Н.* Алгоритмы развития. М.: Наука, 1987.
18. Компьютеры, модели, вычислительный эксперимент. М.: Наука, 1988.
19. *Ильинский А. С., Кравцов В. В., Свешников А. Г.* Математические модели электродинамики. М.: Высш. шк., 1991.
20. *Мозилев А. В., Пак Н. И., Хеннер Е. К.* Информатика. М.: Academia, 1999.
21. *Мартинсон Л. К., Малов Ю.И.* Дифференциальные уравнения математической физики. М.: Изд-во МГТУ, 1996.
22. *Харин Ю. С., Малюгин В. И., Кирлица В. П., Лобач В. И., Хацкевич Г.А.* Основы имитационного и статистического моделирования. Мн.: Дизайн ПРО, 1997.
23. *Ерофеенко В. Т., Козловская И. С.* Уравнения с частными производными с приложениями в экономике. Мн.: Изд-во БГУ, 2001.
24. *Сена Л. А.* Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988.
25. *Волков И. К., Зуев С. М., Цветкова Г. М.* Случайные процессы. М.: Изд-во МГТУ, 1999.
26. *Аполлонский С. М., Ерофеенко В. Т.* Эквивалентные граничные условия в электродинамике. СПб.: Безопасность, 1999.
27. *Ерофеенко В. Т.* Теоремы сложения. Мн.: Наука и техника, 1989.
28. *Власова Е. А., Зарубин В. С., Кувыркин Г. Н.* Приближенные методы математической физики. М.: Изд-во МГТУ, 2001.
29. *Балкарей Ю. И., Евтихов М. Г., Елинсон М. И., Коган А. С., Перов П. И.* Коллективные возбуждения в нейронных сетях// Радиотехника и электроника. 1996. Т. 41, № 1. С. 5-16.
30. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Эдиториал УРСС, 2000.
31. *Скотт Э.* Волны в активных и нелинейных средах в приложении к электронике. М.: Сов. радио, 1977.
32. *Романовский Ю. М., Степанова Н. В., Чернавский Д. С.* Математическая биофизика. М.: Наука, 1984.
33. *Табор М.* Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. М.: Эдиториал УРСС, 2001.
34. *Самарская Е. А., Четверушкин Б. Н., Чурбанова Н. Г., Якобовский М. В.* //Математическое моделирование. 1994. Т.6, № 4. С. 3-12.
35. *Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г.* Биокинетика. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
36. Моделирование и управление процессами регионального развития / Под ред. С. Н. Васильева. М.: Физматлит, 2001.
37. *Лепендин Л. Ф.* Акустика. М.: Высш. шк., 1978.
38. *Марчук Г. И.* Математические модели в иммунологии. Вычислительные методы и эксперименты. М.: Наука, 1991.
39. *Бусленко Н. П.* Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978.
40. *Волобуев А. Н.* Биофизика. Самара: Самар. Дом печати, 1999.
41. *Шатино А. П., Луппов С. П.* Рекуррентные уравнения в теории популяционной биологии. М.: Наука, 1983.

42. *Жаботинский А. М.* Концентрационные автоколебания. М.: Наука, 1974.
43. *Бейли Н.* Математика в биологии и медицине. М.: Мир, 1970.
44. Математическое моделирование / Под ред. Дж. Эндрюса, Р. Мак-Лоуна. М.: Мир, 1979.
45. *Берковский Б. М., Полевиков В. К.* Вычислительный эксперимент в конвекции. Мн.: Университетское, 1988.
46. *Змитрович А. И.* Интеллектуальные информационные системы. Мн.: НТООО "Тетрасистемс", 1997.
47. *Чен К., Джиблин П., Ирвинг А.* MATLAB в математических исследованиях. М.: Мир, 2001.
48. *Аладьев В. З., Шишаков М. Л.* Автоматизированное рабочее место математика. М.: Лаборатория базовых знаний, 2000.
49. *Самарский А. А.* Теория разностных схем. М.: Наука, 1977.
50. Методы математического моделирования и вычислительной диагностики. М.: Изд-во МГУ, 1990.
51. *Самойлович Г. С.* Гидро-газодинамика. М.: Машиностроение, 1990.
52. *Лойцянский Л. Г.* Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1973.
53. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. Том I. М.: Наука, 1983.
54. *Седов Л. И.* Механика сплошной среды. Том II. М.: Наука, 1984.
55. *Маркушевич А. И.* Теория аналитических функций. Том I. М.: Наука, 1968.
56. *Маркушевич А. И.* Теория аналитических функций. Том II. М.: Наука, 1968.
57. *Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. Н.* Теоретическая гидромеханика. Часть I. М.: Гос. изд-во физ.-мат. л-ры, 1963.
58. *Кочин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. Н.* Теоретическая гидромеханика. Часть II. М.: Гос. изд-во физ.-мат. л-ры, 1963.
59. *Голубев В. В.* Лекции по теории крыла. Москва-Ленинград: Гос. изд-во технико-теор. л-ры, 1949.
60. *Голубев В. В.* Труды по электродинамике. Москва-Ленинград: Гос. изд-во технико-теор. л-ры, 1957.
61. *Шилов Г. Е.* Математический анализ. Функции нескольких вещественных переменных. Часть 1-2. М.: Наука, 1972.
62. *Тер-Крикоров А. М., Шабунин М. И.* Курс математического анализа. М.: Наука, 1988.
63. *А. Ахо, Дж. Ульман, Р. Сети.* Компиляторы: принципы, технологии и инструменты. – СПб: Вильямс, 2001.

Текущий контроль усвоения знаний по дисциплине «Математическое моделирование систем, процессов, явлений» рекомендуется осуществлять в течение всего семестра в виде вопросов для самоконтроля и проведения коллоквиума.

Успеваемость студентов в рамках дисциплины «Математическое моделирование систем, процессов, явлений» рекомендуется оценивать в конце семестра в форме экзамена.