

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра дифференциальных уравнений

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

20 июня 2023 г.

Рабочая программа дисциплины
Методы компьютерного исследования динамических систем

Направление подготовки (специальности)
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль)
«Математическое моделирование и вычислительная математика»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена
на заседании кафедры
от 19 апреля 2023 г., протокол № 8

Программа одобрена НМК
математического факультета
протокол № 9 от 3 мая 2023 г.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Методы компьютерного исследования динамических систем» обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с государственным образовательным стандартом, содействует фундаментализации образования, формированию научного мышления и способности к восприятию науки как единого целого, частью которого является математика. Целью преподавания дисциплины является ознакомление слушателей с физическими принципами, законами, моделями позволяющими объяснить окружающий нас мир живой и неживой природы с позиций современной физики, а также некоторых разделов экологии.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы бакалавриата

Дисциплина «Методы компьютерного исследования динамических систем» входит в цикл дисциплин, которые обеспечивают овладение общенаучными знаниями в области современного естествознания и связь их с математическими дисциплинами необходимыми для подготовки специалиста математика. Она основывается на знаниях, полученных слушателями при изучении дисциплин «Математический анализ», «Алгебра», «Дифференциальные уравнения». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Методы компьютерного исследования динамических систем», используются при изучении общепрофессиональных дисциплин, а также ряда специальных дисциплин. Данная дисциплина относится к дисциплине по выбору вариативной части Блока 1.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
Универсальные компетенции		
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	ИД-УК-1.1 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности	Знать: определение динамической системы и основных понятий этого раздела дифференциальных уравнений, методы приближенных решений дифференциальных уравнений, классификацию особых точек, итерационные методы. Уметь: численно и теоретически определять устойчивость решений, определять размерность аттракторов, составлять алгоритмы и писать компьютерные программы, пользоваться математическими пакетами. Владеть навыками: основными навыками компьютерных исследований динамических систем.
Общепрофессиональные компетенции		

ОПК-1 Способен консультировать и использовать фундаментальные знания в области математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, дискретной математики и математической логики, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов, численных методов, теоретической механики в профессиональной деятельности.	ИД-ОПК-1.1 Обладает базовыми знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук	Знать: <ul style="list-style-type: none"> определение динамической системы и основных понятий этого раздела дифференциальных уравнений, методы приближенных решений дифференциальных уравнений, классификацию особых точек, итерационные методы. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> численно и теоретически определять устойчивость решений, определять размерность аттракторов, составлять алгоритмы и писать компьютерные программы, пользоваться математическими пакетами.
	ИД-ОПК-1.2 Умеет использовать базовые знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, в профессиональной деятельности	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> численно и теоретически определять устойчивость решений, определять размерность аттракторов, составлять алгоритмы и писать компьютерные программы, пользоваться математическими пакетами. Владеть навыками: <ul style="list-style-type: none"> основными навыками компьютерных исследований динамических систем.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	

1.	Методы приближенного интегрирования дифференциальных ур-й. Методы Рунге – Кутты. Фазовые портреты на плоскости. Сечение Пуанкаре. Отображение Пуанкаре	5	2	2		1		4	Фронтальный опрос и обсуждение пройденной темы
2.	Отображения (каскады). Метод простой итерации. Условия сходимости. Неподвижные точки отображения и итераций отображения	5	2	2				4	Фронтальный опрос. обсуждение.
3.	Линейные системы с постоянными коэффициентами. Приближенное построение матричной экспоненты. Анализ устойчивости решений	5	2	2		1		4	Фронтальный опрос. обсуждение.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	Индивидуальные задания ЭУК в LMS Moodle
4.	Ляпуновские показатели. Ляпуновская размерность	5	2	2				4	Обсуждение в форме круглого стола
5.		5							Лабораторная работа 1
6.	Канонические фракталы	5	1	1				4	
7.	Расчет отображений Пуанкаре	5	2	2					
8.		5							Лабораторная работа 2
9.	Численный анализ периодических решений	5	2	2				4	Фронтальный опрос. Обсуждение
10.	Размерность аттрактора	5	1	1					
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	Индивидуальные задания ЭУК в LMS Moodle
11.	Численный анализ некоторых динамических систем с распределенными параметрами	5	1	1		1		4	Фронтальный опрос. обсуждение
12.	Пакеты программ	5	1	1		1		4	Обсуждение пройденных тем, анализ лабораторных работ 1, 2
						2	0,5	33,5	Экзамен
	ИТОГО		16	16		6	0,5	65,5	
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	Индивидуальные задания ЭУК в LMS Moodle

Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Методы компьютерного исследования динамических систем» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

Содержание разделов дисциплины

- 1. Методы приближенного интегрирования дифференциальных уравнений. Методы Рунге – Кутты. Фазовые портреты на плоскости. Сечение Пуанкаре. Отображение. Пуанкаре.** Приближенное интегрирование: метод прямоугольников, трапеций, схема Эйлера. Метод Рунге-Кутты 4 порядка. Понятия: седло, фокус, центр.
- 2. Отображения (каскады). Метод простой итерации. Условия сходимости. Неподвижные точки отображения и итераций отображения.** Основные отображения. Понятия неподвижной точки. Итерации в отображениях. Понятия периода отображений.
- 3. Линейные системы с постоянными коэффициентами. Приближенное построение матричной экспоненты. Анализ устойчивости решений.** Теорема Ляпунова по первому приближению. Производная в силу системы. 2 основных способа построения матричной экспоненты.
- 4. Ляпуновские показатели. Ляпуновская размерность.** Матрица Якоби с переменными коэффициентами. О невозможности для нее применения теоремы Ляпунова по первому приближению для исследования устойчивости. Определение ляпуновских показателей. Способы подсчета. Алгоритм Бенеттина.
- 5. Канонические фракталы.** Понятия меры. Мера Хаусдорфа. Основные фракталы.
- 6. Расчет отображений Пуанкаре.** Понятия отображений Пуанкаре. Секущая Пуанкаре.
- 7. Численный анализ периодических решений.** Ляпуновские показатели – как определители динамики решений (цикл, хаос и т.д.). Спектр Фурье.
- 8. Размерность аттрактора.** Алгоритм подсчета размерности аттрактора.
- 9. Численный анализ некоторых динамических систем с распределенными параметрами.** Алгоритм подсчета. Основные схемы анализа.
- 10. Пакеты программ.** Основные математические пакеты, помогающие считать и анализировать динамические системы, размерности.
- 11. Численный анализ некоторых динамических систем с распределенными параметрами.**
- 12. Пакеты программ.** Основные математические пакеты, помогающие считать и анализировать динамические системы, размерности.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Академическая лекция с элементами лекции-беседы — последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Практическое занятие — занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации — вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

- **Электронный учебный курс «Концепции современного естествознания» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:
 - представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины;
 - осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
 - представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
 - представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
 - представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
 - представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
 - посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимся и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:
 - программы Microsoft Office;
 - издательская система LaTeX;
 - Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»

http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 2012. - 631 с. [Ссылка](#)

2. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2003. – 294 с.

б) дополнительная литература

1. Глызин С.Д. Методы компьютерной графики в качественной теории динамических систем на плоскости : метод. указания / Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. Ярославль: 1982. - 68 с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) — списочному составу группы обучающихся.

Автор:

профессор кафедры дифференциальных уравнений, д.ф.-м.н. А.Н. Куликов

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Методы компьютерного исследования динамических систем»**

**Фонд оценочных средств
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**
(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД-ОПК-1_1
(в части умения нахождения экстремали, умения исследования функционала)

Контрольная работа №1
(состоит из множества вариантов – номер варианта – номер задания)

1. Используя метод Рунге-Кутты второго порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \alpha x_1 - x_2 + dx_1(x_1^2 + x_2^2), \\ \dot{x}_2 &= x_1 + \alpha x_2 + dx_2(x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $\alpha = 1, d = -1$.

2. Используя метод Рунге-Кутты третьего порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \alpha x_1 - x_2 + dx_1(x_1^2 + x_2^2), \\ \dot{x}_2 &= x_1 + \alpha x_2 + dx_2(x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $\alpha = -1, d = 1$.

3. Используя метод Рунге-Кутты четвертого порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \alpha x_1 - x_2 + dx_1(x_1^2 + x_2^2), \\ \dot{x}_2 &= x_1 + \alpha x_2 + dx_2(x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $\alpha = 0, d = -2$.

4. Используя метод Рунге-Кутты второго порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= \alpha x_1 - x_2 + dx_1(x_1^2 + x_2^2), \\ \dot{x}_2 &= x_1 + \alpha x_2 + dx_2(x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $\alpha = -2, d = 0.01$.

5. Используя метод Рунге-Кутты третьего порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + dx_1 dx_2, \\ \dot{x}_2 &= x_2 + (x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $d = 1$.

6. Используя метод Рунге-Кутты четвертого порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + dx_1 dx_2, \\ \dot{x}_2 &= x_2 + (x_1^2 + x_2^2),\end{aligned}$$

где $d = -1$.

7. Используя метод Рунге-Кутты третьего порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + dx_1 dx_2, \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + dx_1(x_1 + x_2),\end{aligned}$$

где $d = -1$.

8. Используя метод Рунге-Кутты третьего порядка построить фазовый портрет следующей системы дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -x_1 + dx_1 dx_2, \\ \dot{x}_2 &= -x_2 + d(x_1 + x_2),\end{aligned}$$

где $d = 1$.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу:

- за каждое полностью правильно выполненное задание — 3 балла;
- при решении допущены незначительные ошибки — 2 балла;
- правильно выбран способ решения задания, но при его реализации допущены грубые ошибки — 1 балл.

Контрольная работа 2 (состоит из множества вариантов – номер варианта – номер задания)

1. Построить фазовые портреты следующих систем при различных значениях параметра

$$\ddot{x} + x = \sigma(1 - x^2)\dot{x}.$$

2. Построить фазовые портреты следующих систем при различных значениях параметров

$$\ddot{x} + x = \sigma(1 + ax^2 - bx^4)\dot{x}, a = 5, b = 0.5, \sigma = 1.5.$$

3. Построить фазовые портреты следующей системы при различных значениях параметров (уравнение Дуффинга)

$$\ddot{x} + x + \beta x^3 = 0.$$

4. Создать программу, которая демонстрирует аттракторы отображения Эно

$$x_{n+1} = 1 - \lambda x_n^2 - y_n.$$

$$y_{n+1} = x_n.$$

5. Создать программу, которая демонстрирует аттракторы отображения (на вибрирующем шарике)

$$v_{n+1} = (1 - \varepsilon)v_n + K \sin \varphi,$$

$$\varphi_{n+1} = \varphi_n + v_n \pmod{2\pi}.$$

6. Создать программу, которая демонстрирует аттракторы отображения (системы Икеда)

$$z_{n+1} = A + Bz_n \exp(i |z_n|^2).$$

7. Создать программу, которая позволяет вычислить старший показатель Ляпунова для следующих одномерных отображений: а) кубическое; б) логистическое; с) окружности.

8. Создать программу, которая позволяет вычислить старший показатель Ляпунова для следующих одномерных отображений: а) отображение Эно; б) системы Икеда.

Правила выставления оценки по результатам контрольной работы

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу:

- за каждое полностью правильно выполненное задание — 3 балла;
- при решении допущены незначительные ошибки — 2 балла;
- правильно выбран способ решения задания, но при его реализации допущены грубые ошибки — 1 балл.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Дифференциальные уравнения и системы первого порядка. Примеры автономных уравнений и систем. Примеры неавтономных уравнений и систем.
2. Общие свойства автономных дифференциальных уравнений. Типы траекторий автономных дифференциальных уравнений.
3. Решение систем дифференциальных уравнений в случаях: а) все собственные значения простые б) собственные значения комплексные с) случай кратных собственных значений
4. Матричная экспонента. Задача Коши. Траектории решений.
5. Скалярные уравнения. Условия существования и единственности решений. Примеры, когда нет единственности.
6. Особые точки. Классификация особых точек. Фазовый портрет.
7. Инвариантные множества. Предельные точки. Теорема Пуанкаре-Бендиксена.
8. Понятие степени свободы. Отображение. Сведение дифференциальных уравнений к отображениям.
9. Системы в вариациях. Фазовый объем. Теорема Лиувилля.

10. Численные методы решения систем дифференциальных уравнений. Методы Эйлера, трапеции, прямоугольников.
11. Ляпуновские показатели. Интерпретация поведения решений от величины ляпуновских показателей. Алгоритм подсчета ляпуновских показателей для отображений.
12. Понятие хаоса для отображений. Условия для хаотичности отображений. Примеры хаотических отображений.
13. Грубые динамические системы. Примеры грубых и негрубых систем.
14. Простейшие бифуркационные задачи. Интерпретация полученных результатов.

Описание процедуры выставления оценки

В зависимости от уровня сформированности каждой компетенции по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка. Для дисциплин, изучаемых в течение нескольких семестров, оценка может выставляться не только по окончании ее освоения, но и в промежуточных семестрах. Вид оценки («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно», «зачтено», «незачтено») определяется рабочей программой дисциплины в соответствии с учебным планом.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, у которого каждая компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, у которого хотя бы одна компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Методы компьютерного исследования динамических систем»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Концепции современного естествознания» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе «Методы компьютерного исследования динамических систем» лежит особый математический аппарат. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом «Концепции современного естествознания».

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия, законы и основы данного курса. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы проводятся семинарские занятия, которые помогают разъяснить материал по пройденной теме.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет по итогам первого семестра выставляется по итогам тестирования и краткого собеседования по его результатам.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Концепции современного естествознания» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет и экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Для самостоятельной работы особенно рекомендуется использовать учебную литературу, с подробно разобранными решениями квантово-механических задач. К таким можно отнести следующие издания:

1. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1973. - 631 с.
2. Чуличков А.И. Математические модели нелинейной динамики. М.: Физматлит, 2003. – 294 с.

3. Глызин С.Д. Методы компьютерной графики в качественной теории динамических систем на плоскости : метод. указания / Ярослав. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. Ярославль: 1982. - 68 с.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. Международный научно-образовательный сайт EqWorld. Сайт EqWorld содержит обширную информацию о различных классах обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), дифференциальных уравнений с частными производными (УрЧП), интегральных уравнений, функциональных уравнений и других математических уравнений. Особое внимание уделено уравнениям математической физики и механики. Приведены таблицы точных решений, описаны методы решения уравнений, есть интересные статьи, даны ссылки на математические программы, указаны адреса научных сайтов, издательств, журналов и др. Имеется динамический раздел EqArchive, который дает возможность авторам оперативно публиковать свои уравнения и их точные решения, первые интегралы и преобразования. Содержит учебную физико-математическую библиотеку, в которую авторы могут добавлять свои книги и диссертации, а также форум для вопросов и дискуссий.

EqWorld работает на русском и английском языках (главная стр. сайта переведена также на немецкий, французский, итальянский и испанский языки) и предназначен для широкого круга ученых, преподавателей вузов, инженеров, аспирантов и студентов в различных областях математики, механики, физики, химии, биологии и инженерных наук. Все ресурсы сайта являются бесплатными для его пользователей.

EqWorld содержит около 2000 веб-страниц (книги библиотеки не учитываются), его посещают люди из 200 стран мира, средняя посещаемость сайта превышает 3000 человек в сутки. Адреса сайта в Интернете: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> (рус.), <http://eqworld.ipmnet.ru> (англ.).

2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно ") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Головной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") www.informika.ru.

ИС "Единое окно" объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России. Разделы этой системы:

- **Электронная библиотека** – является крупнейшим в российском сегменте Интернета хранилищем полнотекстовых версий учебных, учебно-методических и научных материалов с открытым доступом. Библиотека содержит более 30 000 материалов, источниками которых являются более трехсот российских вузов и других образовательных и научных учреждений. Основу наполнения библиотеки составляют электронные версии учебно-методических материалов, подготовленные в вузах, прошедшие рецензирование и

рекомендованные к использованию советами факультетов, учебно-методическими комиссиями и другими вузовскими структурами, осуществляющими контроль учебно-методической деятельности.

- **Интегральный каталог образовательных интернет-ресурсов** содержит представленные в стандартизированной форме метаданные внешних ресурсов, а также содержит описания полнотекстовых публикаций электронной библиотеки. Общий объем каталога превышает 56 000 метаописаний (из них около 25 000 - внешние ресурсы). Расширенный поиск в "Каталоге" осуществляется по названию, автору, аннотации, ключевым словам с возможной фильтрацией по тематике, предмету, типу материала, уровню образования и аудитории.

- **Избранное.** В разделе представлены подборки наиболее содержательных и полезных, по мнению редакции, интернет-ресурсов для общего и профессионального образования.

- **Библиотеки вузов.** Раздел содержит подборки сайтов вузовских библиотек, электронных каталогов библиотек вузов и полнотекстовых электронных библиотек вузов.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. Личный кабинет (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.