

**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**  
**Выпуклое программирование**

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 "Выпуклое программирование" обеспечивает приобретение знаний и умений в соответствии с государственным образовательным стандартом. Целью спецкурса «Выпуклое программирование» является ознакомление студентов с методами выпуклого программирования.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Данная дисциплина относится к вариативной части блока 1. Дисциплина "Выпуклое программирование" входит в цикл дисциплин, которые обеспечивают овладение аналитическими и численными методами, необходимыми для подготовки специалиста-математика. Она основывается на знаниях полученных слушателями при изучении дисциплин "Математический анализ", "Алгебра," "Функциональный анализ." Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины "Выпуклое программирование", используются при изучении общепрофессиональных дисциплин, а также ряда специальных дисциплин. Данная дисциплина является дисциплиной по выбору.

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП 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:

Код компетенции	Формулировка компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
Профессиональные компетенции		

ПК-2	Способен понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<p>Знать: основные понятия выпуклого программирования.</p> <p>Уметь: разрабатывать алгоритмы для решения задач выпуклого программирования.</p> <p>Реализовывать эти методы на языке программирования высокого уровня.</p> <p>Владеть навыками: использования методов выпуклого программирования для решения прикладных задач</p>
------	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет \_\_\_\_\_ зачетных единиц, \_\_\_\_\_ акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Се ме стр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лек ции	пра кти чес кие	лаб ора тор ны е	кон сул ьта ци и	атте ста ци он ны е исп ыта ния	самос тоят ель ная работ а	
	Обзор литературы. Основные понятия выпуклого программирования.	7	2						
	Выпуклые множества. Их свойства.  Исторический экскурс. Аффинные множества. Аффинная зависимость и ее связь с линейной зависимостью. Выпуклые множества. Их свойства. Выпуклые	7	2	6				2	

	оболочки множеств. Их описание. Выпуклые многогранники. Теоремы Радона и Каратеодори. Компактность и выпуклость.							
	Опорные гиперплоскости и полупространства.  Опорные гиперплоскости и полупространства. Описание линейных функционалов в $\mathbb{R}^d$ .	7	2	6			2	
	Теоремы отделимости в $\mathbb{R}^d$ . Теоремы отделимости для выпуклого множества в $\mathbb{R}^d$ . Теорема о том, что всякое выпуклое множество в $\mathbb{R}^d$ есть пересечение всех своих опорных полупространств.	7	2	6			2	К.р.
	Выпуклые конусы и их свойства. Коническая оболочка и её свойства. Теорема об опорной плоскости к выпуклому конусу	7	2	6			2	
	Крайние точки выпуклых множеств и их свойства. Необходимые и достаточные условия того, что $x \in \text{ext } A$ , где $A$ --- множество заданное линейными ограничениями. Теорема Крейна-Мильмана.	7	2	6			2	
	Выпуклые и вогнутые функции и их свойства. Надграфик.  Необходимые и	7	2	6			2	

достаточные условия выпуклости функций. Теорема о непрерывности выпуклой функции.  Множество решений задачи минимизации для выпуклой функции.									
Задача выпуклого программирования для дифференцируемой функции. Понятие субградиента и субдифференциала. Их свойства. Субградиентные методы решения задачи выпуклого программирования	7	2	6				2		К.р.
Метод отсечений. Задача линейного программирования и методы её решения.	7	2	6				2		
					2	0,5	33,5	экзамен	
<b>Итого</b>		<b>18</b>	<b>48</b>				<b>36</b>		

## 5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине (или ее разделе) и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки специалиста. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках курса, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний по предложенному алгоритму.

## 6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – программы Microsoft Office, издательская система LaTeX;  
– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

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

### **а) основная литература**

1. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах / И.Л. Акулич. – М.: Высш. шк., 1996. – 319с.
2. Балашевич В.А. Основы математического программирования / В.А. Балашевич. – Минск.: Вышейш. шк., 1976. – 173с..
3. Киселева Э.В., Соловьева С.И. Математическое программирование. Учебное пособие / Э.В. Киселева, С.И. Соловьева – Новосибирск.: НГАСУ, 2006. – 104с.
4. Калихман И.Л. Линейная алгебра и программирование. / И.Л. Калихман, – М.: Высш. шк., 1997. – 428с.
5. Калихман И.Л. Сборник задач по математическому программированию. / И.Л. Калихман, – М.: Высш. шк., 1975. – 270с.
6. Ашманов С.А., Тимохов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. М.: Наука, 1991 -449 с.

### **б) дополнительная литература**

- Вентцель Е.С., Исследование операций: задачи, принципы, методология. – М.: Нау-ка., 1998. – 206с.
2. Деордица Ю.С.. Исследование операций в планировании и управлении. / Ю.С. Деор-дица, Ю.М. Нефедов – Киев.: Вища. шк., 1991. – 270с.
  3. Карманов В.Г. Математическое программирование. / В.Г. Карманов, – М.: Наука, 1986. – 286с.
  4. Конюховский П.В. Математические методы исследования операций в экономике. / П.В.Конюховский – СПб., 2000. – 208 с.
  5. Красс М.С. Основы математики и ее приложения в экономическом образовании: Учеб. – 2-е изд., испр. / М.С. Красс, Б.П. Чупрынов, – М.: Дело, 2001. – 688с.
  6. Сакович В.А. Исследование операций. /В.А. Сакович, –Минск.: Вышейш.шк.,1985. – 256с.

7. Петров Н.Н, Введение в выпуклый анализ: учебное пособие. Ижевск, 2008-168 с.

**в) ресурсы сети «Интернет»:**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯпГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library> ).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ).

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

При освоении дисциплины используются аудитории, оборудованные для проведения лекций, а для выполнения лабораторных работ – классы персональных компьютеров с набором базового программного обеспечения разработчика – системы программирования на языках C/C++ с возможностью многопользовательской работы и централизованного администрирования.

Автор(ы) : Преображенский И.Е.

Старший преподаватель кафедры дифференциальных уравнений \_\_\_\_\_  
Преображенский И.Е.

(подпись)

\_\_\_\_\_  
(должность, ученая степень)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Фамилия И.О.)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Выпуклое программирование»**

**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**

1. Изобразить на плоскости сумму множеств  $A = [-1; 1] \times [-1; 1]$  и  $B = \text{co}\{x_1, x_2, x_3\}$ , где  $x_1 = (-1; 0)$ ,  $x_2 = (0; 1)$ ,  $x_3 = (1; -1)$ .
2. Пусть  $A$  совокупность всех квадратных трёхчленов вида  $x^2 + bx + c$  с нулевым дискриминантом. Найдите  $\text{co}(A)$ .
3. Найти выпуклую оболочку множества

$$A = \{(x, y) \in R^2 : x, y \in [0, 1]\} \cup \{(x, y) \in R^2 : y = x > 1\}.$$

4. Изобразить на плоскости сумму множеств отрезка  $[x_1; x_2]$ , где  $x_1 = (4; 1)$ ,  $x_2 = (4; 3)$  и  $B = \text{co}\{(-2; -1), (1; 2), (3; -1)\}$ .
5. Изобразить на плоскости сумму множеств отрезка  $[x_1; x_2]$ , где  $x_1 = (4; 0)$ ,  $x_2 = (4; 3)$  и  $B = \text{co}\{(-2; -1), (1; 3), (3; -2)\}$ .
6. Изобразить на плоскости сумму треугольников  $A = \text{co}\{(0; 0), (2; 0), (1; 2)\}$  и  $B = \text{co}\{(2; 2), (5; 2), (3; 1)\}$
7. В пространстве  $R^3$  заданы 6 точек:  $x_1 = (-2; 1; 4)$ ,  $x_2 = (7; -3; -10)$ ,  $x_3 = (6; -1; -4)$ ,  $x_4 = (1; -1; -5)$ ,  $x_5 = (1; 0; 1)$ ,  $x_6 = (-13; 4; 14)$ , а также точка  $x_0 = \frac{1}{6} \sum_{j=1}^6 x_j$ . Представьте  $x_0$  в виде выпуклой комбинации не более чем четырёх точек из  $x_1, x_2, \dots, x_6$ .
8. Докажите, что множество

$$A = \left\{ (x; y) : \frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{9} \leq 1 \right\}$$

является выпуклым.

9. Изобразить суммы следующих пар множеств  $R^2$   $A = \text{co}\{(1; 2), (1; -3)\}$  и  $B = \text{co}\{(2; -3), (4; -1), (0; 1), (3; 2)\}$ .
10. Изобразить суммы следующих пар множеств  $R^2$   $A = \text{co}\{(-1; 0), (1; 3), (2; -4)\}$  и  $B = \text{co}\{(-1; 0), (1; 3), (-2; 2)\}$ .
11. Найдите размерность множества  $x_1 + x_2 + x_3 \leq 3, x_1 x_2 x_3 \geq 1, x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$ .
12. Найти размерность выпуклого множества задаваемого системой

$$\begin{cases} x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 \leq 1 \\ x_1^2 + x_2 - x_3 \geq 1. \end{cases}$$

13. Вывести уравнение гиперплоскости, отделяющей точку  $x_0 = (3, 2, 1, 1)$  от  $X \subset R^4$ , которое задается системой

$$\begin{cases} 3x_1 + x_2 + 6x_3 - 9x_4 \leq 7 \\ -x_1 - x_2 + 3x_3 - x_4 \leq 1 \\ -x_1 + 4x_2 - 5x_3 + 2x_4 \leq 9 \\ 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 5. \end{cases}$$

14. Вывести уравнение гиперплоскости, опорной к множеству

$$A = \left\{ x \in R^3 : \frac{x_1^2}{4} + \frac{x_2^2}{9} + \frac{x_3^2}{25} \leq 1 \right\}$$

в точке  $x_0 = (0; \frac{9}{5}; 4)$ .



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

1. Аффинные подпространства. Аффинная оболочка.
2. Выпуклые множества и их свойства.
3. Выпуклые оболочки и их описание.
4. Теорема Каратеодори.
5. Внутренность и относительная внутренность выпуклых множеств.
6. Проекция точки на замкнутое выпуклое множество.
7. Опорные гиперплоскости и полупространства.
8. Теоремы отделимости для выпуклого множества в  $\mathbb{R}^d$ .
9. Опорная плоскость выпуклого множества.
10. Теорема о том, что всякое выпуклое множество в  $\mathbb{R}^d$  есть пересечение всех своих опорных полупространств.
11. Выпуклые конусы и их свойства.
12. Коническая оболочка и её свойства.
13. Теорема об опорной плоскости к выпуклому конусу.
14. Крайние точки выпуклых множеств и их свойства.
15. Необходимые и достаточные условия того, что  $X \in \text{ext } A$ , где  $A$  --- множество заданное линейными ограничениями. Теорема Крейна-Мильмана.
16. Выпуклые и вогнутые функции и их свойства. Надграфик.
17. Необходимые и достаточные условия выпуклости функций.
18. Теорема о непрерывности выпуклой функции.
19. Множество решений задачи минимизации для выпуклой функции.
20. Задача выпуклого программирования для дифференцируемой функции.
21. \item Понятие субградиента и субдифференциала. Их свойства.
22. Субградиентные методы решения задачи выпуклого программирования.
23. Метод отсечений.
24. Задача линейного программирования и методы её решения.

## 2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

### 2.1 Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

**Пороговый уровень** - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

**Продвинутый уровень** - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

**Высокий уровень** - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

## 2.2 Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Профессиональные компетенции						
ПК-2	Экзамен		<ul style="list-style-type: none"><li>Знать: Основные понятия выпуклого программирования.</li><li>Уметь: разрабатывать методы решения практических задач на основе выпуклого программирования. Уметь реализовывать эти методы на языке программирования высокого</li></ul>	Знать определения выпуклых множеств. Формулировки основных теорем курса. Умение формулировать задачу линейного программирования. 3. Умение применять простейшие методы выпуклого программирования для решения практических задач.	1.Знание свойств выпуклых и аффинных множеств, выпуклых оболочек, опорных гиперплоскостей, выпуклых многогранников. Умение формулировать постановку задачи выпуклого программирования.	<ul style="list-style-type: none"><li>Знание основных методов выпуклого программирования</li><li>Умение применять методы выпуклого программирования для решения практических задач.</li></ul>

			уровня. • Владеть навыками: использова ния методов выпуклого программи рования для решения прикладны х задач.			
--	--	--	--	--	--	--

### 3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

#### 3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций

**Пороговый уровень** (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

**Продвинутый уровень (общие характеристики):**

- достаточно полные и систематизированные знания в объёме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**Высокий уровень (общие характеристики):**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

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

Оценка «незачтено» 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 «Выпуклое программирование»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Выпуклое программирование» являются лекции. Это связано с тем, что в основе численных методов лежит серьезный математический аппарат, требующий детального разбора. По большинству тем предусмотрены практические занятия.

В конце семестра студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация. Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Выпуклое программирование» самостоятельно студенту затруднительно. 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 экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

*Для самостоятельной работы можно использовать следующую литературу:*

1. Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи. М.: Наука, 1980 -322 с.
2. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. М.: Наука, 1983 -384 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](http://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. Главной разработчик проекта - Федеральное государственное автономное учреждение Государственный научно-исследовательский институт информационных технологий и телекоммуникаций (ФГАУ ГНИИ ИТТ "Информика") [www.informika.ru](http://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.uniylar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniylar.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.uniylar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniylar.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/пароллю.

- 3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»**  
([http://www.lib.uniylar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniylar.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.