

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 27.08.2025

**Рабочая программа дисциплины**

Алгоритмы и анализ сложности

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Системное программирование

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.13 Алгоритмы и анализ сложности относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен к применению общенаучных базовых знаний математических и естественных наук, фундаментальной информатики и информационных технологий; применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и методы параллельной обработки данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии	ПК-2.1: Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, имеет научные знания в теории информационных систем ПК-2.2: Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности ПК-2.3: Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий	ПК-2.1: Знание базовых структуры данных и алгоритмов  ПК-2.2: Уметь реализовать базовые структуры данных и алгоритмы  ПК-2.3: Навыки применения базовых структур данных и алгоритмов	Отчет по лабораторным работам	Экзамен: Тест

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
<b>- занятия лекционного типа</b>	<b>32</b>

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	6
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
Ф	Ф	Ф	Ф	Ф	
Методы анализа сложности алгоритмов	9	4	4	8	1
Приоритетные очереди и их приложения	13	6	6	12	1
Разделенные множества и их приложения	13	6	6	12	1
Поисковые деревья и их приложения	13	6	6	12	1
Деревья отрезков и их приложения	9	4	4	8	1
Строковые алгоритмы	9	4	4	8	1
Хэширование и хэш-таблицы	4	2	2	4	0
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	32	32	66	6

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Целями освоения дисциплины «Алгоритмы и анализ сложности» являются:

А. знакомство студентов с основными моделями вычислений, сыгравшими существенную роль в формировании математического понятия алгоритма, критериями сложности алгоритмов и дать представление о том, что такое потребительские качества алгоритмов.

Б. знакомство с методами структуризации данных в электронной памяти компьютера, как с одним из основных средств построения эффективных алгоритмов.

В. знакомство студентов со структурами данных, нашедших широкое применение в практике программирования и отраженных в фирменных пакетах библиотечных процедур. Для этого подобраны структуры данных, для которых в математической литературе имеется весьма нетривиальный анализ сложности выполнения присущих им операций.

Г. выработка навыков оценивания сложности вновь разрабатываемых алгоритмов и доказательства их правильности.

Раздел 1. Методы анализа сложности алгоритмов

Виды асимптотических оценок алгоритмов. О-, Омега-, Тета-символика и другие сведения из математического анализа, необходимые для асимптотического оценивания алгоритмов. Сортировки пузырьком, слиянием, Хоара, черпаковая сортировка. Рандомизация быстрой сортировки. Вывод трудоемкостей алгоритмов. Сортировки слиянием, нижние оценки их трудоемкости. Линейный алгоритм поиска заданной порядковой статистики. Амортизационные оценки. Методы доказательства амортизационных оценок. Амортизационный анализ работы двоичного счетчика, модифицированных стеков и очередей.

Раздел 2. Приоритетные очереди и их приложения.

Структура данных – приоритетная очередь (куча). Реализация приоритетных очередей на основе  $d$ -арных деревьев, их комбинаторные свойства. Биномиальные леса и кучи. Оценки трудоемкости основных операций. Кучи Фибоначчи.

Поиск порядковых статистик и сортировка при помощи пирамидальной сортировки. Задача о выпуклой оболочке системы точек на плоскости и алгоритм Грэма для ее решения. Задача о кратчайших путях в графе, алгоритмы Форда-Беллмана и Дейкстры. Эффективные реализации алгоритма Дейкстры с использованием приоритетных очередей.

Раздел 3. Разделенные множества и их приложения.

Структура данных – разделенное множество. Базовые операции с разделенными множествами.

Реализации разделенных множеств при помощи массивов, с помощью деревьев со сжатием и без сжатия путей. Оценки трудоемкости операций. Теоремы Хопкрофта-Ульмана и Тарьяна.

Онлайновый алгоритм Рэма выделения компонент связности графа. Задача о минимальном остовном дереве, алгоритмы Борувки, Краскалла и Прима. Использование разделенных множеств в эффективизациях алгоритмов Борувки и Краскалла, использование приоритетных очередей в эффективизациях алгоритма Прима. Оценки трудоемкости операций.

Раздел 4. Поисковые деревья и их приложения

Структура данных – поисковое дерево. Абстрактные двоичные поисковые деревья. Красно-черные и AVL-деревья, их комбинаторные свойства и способы балансировки. В- и (2,3)-деревья, их комбинаторные свойства и способы балансировки. Оценки трудоемкости операций.

Задача о поиске пары пересекающихся отрезков на плоскости, ее решение при помощи сбалансированных поисковых деревьев.

Декартовы деревья. Разрезание и слияние в декартовых деревьях. Оценки трудоемкости операций.

Раздел 5. Деревья отрезков и их приложения

Деревья отрезков: базовая реализация и примеры продвинутого использования. Деревья Фенвика. Оценки трудоемкости операций.

Раздел 6. Строковые алгоритмы.

Алгоритмы поиска фрагментов в текстах («наивный», Рабина-Карпа с простым линейным хешированием, Кнута-Морриса-Пратта). Доказательство оценок трудоемкости.

Раздел 7. Хеширование и хэш-таблицы.

Хеширование и хэш-таблицы. Основные операции с хэш-таблицами и оценки их трудоемкости.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:  
Электронные курсы, созданные в системе электронного обучения ННГУ:

Алгоритмы и анализ сложности, <https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=12341>.

Открытые онлайн-курсы MOOC:

1. Структуры данных и модели вычислений, <https://intuit.ru/studies/courses/100/100/info>.
2. Курс «Алгоритмы и структуры данных», <https://practicum.yandex.ru/algorithms/>.
3. Алгоритмы и структуры данных-1,2, [https://openedu.ru/course/hse/ADS\\_1/](https://openedu.ru/course/hse/ADS_1/).

Иные учебно-методические материалы:

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Алгоритмы и анализ сложности» включает работу с дополнительной литературой и прослушивание онлайн-курсов лекций. Образовательные материалы для самостоятельной работы студентов, включая онлайн-информационные ресурсы, необходимые для освоения дисциплины:

1. Алексеев В. Е., Таланов В. А. Графы. Модели вычислений. Структуры данных: учебник для студентов вузов. Из-во ННГУ. 2005. 307 стр.
2. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. Из-во МЦНМО. 1999. 960 стр.
3. [www.youtube.com/watch?v=pxR3UoO9c9w](http://www.youtube.com/watch?v=pxR3UoO9c9w), [www.yandexdataschool.ru/edu-process/courses/algorithms](http://www.yandexdataschool.ru/edu-process/courses/algorithms).
4. <https://intuit.ru/studies/courses/100/100/info>
5. <https://practicum.yandex.ru/algorithms/>
6. [https://openedu.ru/course/hse/ADS\\_1/](https://openedu.ru/course/hse/ADS_1/)

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, необходимого для освоения дисциплины: 1. Python, <https://www.python.org> 2. Microsoft Visual Studio, <https://visualstudio.microsoft.com/ru/>

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

**5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

Л.р. № 1. Нахождение кратчайших путей в графе

Л.р. № 2. Сортировки

Л.р. № 3. Построение вершин выпуклой оболочки точек на плоскости

Л.р. № 4. Выделение компонент связности графа

Л.р. № 5. Нахождение кратчайших путей в графе

**Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Программа работает на всех тестовых данных, показывает производительность, соответствующую теоретическим оценкам, студент отвечает на все вопросы.
не зачтено	Не выполнены все критерии на оценку "зачтено".

**5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации**

**Шкала оценивания сформированности компетенций**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
		не зачтено		зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний	Уровень знаний ниже	Минимально	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в	Уровень знаний в

	теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	минимальных требований. Имели место грубые ошибки	допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»

не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-2

Л.р. № 1. Нахождение кратчайших путей в графе

Л.р. № 2. Сортировки

Л.р. № 3. Построение вершин выпуклой оболочки точек на плоскости

Л.р. № 4. Выделение компонент связности графа

Л.р. № 5. Нахождение кратчайших путей в графе

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»

Оценка	Критерии оценивания
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Алексеев Владимир Евгеньевич. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычислений : учеб. для студентов, обучающихся по специальности 010200 - Приклад. математика и информатика и по направлению 510200 - Приклад. математика и информатика . - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : Бином. Лаборатория знаний, 2014. - 320 с. : ил., табл. - (Основы информационных технологий). - ISBN 978-5-94774-543-6 (Бином.ЛЗ) : 160.00., 1 экз.
2. Кормен Томас. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms. - М. : МЦНМО, 1999. - 960 с. : 263 ил. - (Классические учебники : Computer Science). - ISBN 5-900916-37-5 : 95.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Бабенко М. А. Введение в теорию алгоритмов и структур данных / Бабенко М. А., Левин М. В. - Москва : МЦНМО, 2016. - 144 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции МЦНМО - Математика. - ISBN 978-5-4439-2396-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=716705&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

[www.youtube.com/watch?v=pxR3UoO9c9w](http://www.youtube.com/watch?v=pxR3UoO9c9w)

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Малышев Дмитрий Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Золотых Николай Юрьевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 12.05.2026, протокол № Протокол №9.