

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Working programme of the discipline**

Graph theory

---

Higher education level

Bachelor degree

---

Area of study / speciality

02.03.02 - Fundamental Informatics and Information Technology

---

Focus /specialization of the study programme

General Profile

---

Mode of study

full-time

---

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Теория графов 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
УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<p>УК-1.1: Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации</p> <p>УК-1.2: Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности</p> <p>УК-1.3: Имеет практический опыт работы с информационными источниками, опыт научного поиска, создания научных текстов</p>	<p>УК-1.1:</p> <p>Знать основные понятия теории графов: изоморфизм, пути и циклы, связность, шарниры, перешейки и блоки, метрические характеристики, каркасы, пространства циклов и разрезов; способы представления графов; важнейшие классы графов: деревья и леса, двудольные графы, планарные графы; основные факты из теории графов; алгоритмы решения задач на графах /</p> <p>Students must know the basic concepts of graph theory: isomorphism, paths and cycles, connectivity, cutpoints, isthmuses and blocks, metric characteristics, skeletons, cycle spaces and cut spaces; ways to represent graphs; most important classes of graphs: trees and forests, bipartite graphs, planar graphs; basic facts from graph theory; algorithms for solving problems on graphs</p> <p>УК-1.2:</p> <p>Уметь выполнять преобразования между различными формами представления графов,</p>	<p>Тест</p> <p>Задачи</p>	<p>Экзамен:</p> <p>Задачи</p> <p>Зачёт:</p> <p>Тест</p>

		<p>находить наиболее рациональные представления для решения различных задач и реализации алгоритмов, строить графовые модели реальных отношений /</p> <p><i>Students must be able to perform transformations between various forms of graph representation, find the most rational representations for solving various problems and implementing algorithms, construct graph models of real relations</i></p> <p>УК-1.3: Уметь применять теоретические знания для исследования свойств графов /</p> <p><i>Students must apply theoretical knowledge to study the properties of graphs</i></p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>10</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>360</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	3
самостоятельная работа	257
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен, Зачёт</b>

#### 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				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего		
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0		
Тема 1. Начальные понятия. Понятие графа. Типы графов. Способы задания. Изоморфизм, инварианты. Подграфы. Проблема восстановления. Операции над графами. Графы пересечений. Пути и циклы. Связность, компоненты, шарниры, перешейки. Расстояния и метрические характеристики / Initial concepts. The concept of the graph. Types of graphs. Ways to give a graph. Isomorphism, invariants. Subgraphs. Recovery problem. Operations on graphs. Intersection graphs. Paths and cycles. Connectivity, components, cutpoints, isthmuses. Distances and metric characteristics.	26	2	2	4	22	
Тема 2. Перечисление графов. Число помеченных графов. Автоморфизмы. Число способов пометить граф. Число непомеченных графов (без доказательства). Асимптотическое перечисление. «Почти все» графы. Примеры: графы диаметра 2, связные графы / Enumeration of graphs. The number of labeled graphs. Automorphisms. The number of ways to label a graph. The number of unlabeled graphs (without proof). Asymptotic enumeration. "Almost all" graphs. Examples: graphs of diameter 2, connected graphs.	26	2	2	4	22	
Тема 3. Методы обхода графов. Общая схема обхода. Поиск в ширину. BFS-дерево. Вычисление расстояний. Поиск в глубину. DFS-дерево. Выявление перешейков, шарниров, блоков / Graph traversal methods. The general principal of traversal. Breadth first search. BFS-tree. Calculation of distances. Depth first search. DFS tree. Identification of isthmuses, cutpoints, blocks.	38	4	4	8	30	
Тема 4. Важнейшие классы графов. Деревья, их свойства. Корневые деревья. Алгоритм распознавания изоморфизма деревьев. Каркасы. Двудольные графы, теорема Кенига. Планарные графы, формула Эйлера, критерии планарности. Алгоритм распознавания планарности / The most important classes of graphs. Trees, their properties. Rooted trees. Algorithm of recognition for isomorphism of trees. Skeletons. Bipartite graphs, the Koenig theorem. Planar graphs, Euler's formula, planarity criteria. Planarity Recognition Algorithm.	52	6	6	12	40	
Тема 5. Эйлеровы циклы. Критерий существования. Алгоритм построения. Гамильтоновы циклы. Алгоритмы поиска гамильтоновых циклов. Квазициклы. Пространство циклов. Фундаментальные циклы. Алгоритмы построения базиса циклов. Пространство разрезов. Связь между пространствами циклов и разрезов / Cycles. Euler cycles. Criterion of existence. Algorithm of finding. Hamiltonian cycles. Algorithms for searching Hamiltonian cycles. Quasi-cycles. Cycle space. Fundamental cycles. Algorithms for constructing the basis of cycles. The space of cuts. The relationship between the spaces of cycles and cuts.	40	4	4	8	32	
Тема 6. Независимые множества, клики, вершинные покрытия. Связи между тремя задачами. Дерево решений для задачи о независимом множестве. Эвристические алгоритмы, примеры. Точный и приближенный алгоритмы для задачи о вершинном покрытии / Independent sets, cliques, vertex covers. Links between the three tasks. Solution tree for the independent set problem. Heuristic algorithms, examples. Exact and approximate algorithms for the vertex cover problem.	30	4	4	8	22	
Тема 7. Паросочетания. Задачи о паросочетании и о реберном покрытии. Метод увеличивающих путей. Алгоритм для двудольных графов.	26	2	2	4	22	

Независимые множества в двудольных графах / Matchings. Matching and edge cover problems. The method of augmenting paths. Algorithm for bipartite graphs. Independent sets in bipartite graphs.					
Тема 8. Раскраски. Раскраска вершин. Оценки хроматического числа. Дерево решений. Последовательная раскраска. Проблема 4-х красок. Раскраска ребер, теорема Визинга / Colorings. Coloring vertices. Estimates of the chromatic number. Decision tree. Sequential coloring. The problem of 4 colors. Coloring of edges, Vizing's theorem.	26	2	2	4	22
Тема 9. Потоки. Задача о максимальном потоке. Метод Форда-Фалкерсона. Алгоритм Эдмондса-Карпа / Flows. The maximum flow problem. Ford-Fulkerson method. Edmonds-Karp algorithm.	26	2	2	4	22
Тема 10. Оптимальные пути и каркасы. Алгоритмы Прима, Краскала и Дейкстры / Optimal paths and skeletons. Algorithms of Prim, Kruskal and Dijkstra.	31	4	4	8	23
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	360	32	32	67	257

### Contents of sections and topics of the discipline

Содержание материала второго семестра /

Contents of the second semester material

1. Смежность, инцидентность, степени. Способы задания графов. Графы пересечений /  
Adjacency, incidence, degree. Ways to specify graphs. Graphs of intersections

2. Подграфы, остовные, порожденные. Проблема восстановления /  
Subgraphs, spanning, induced. The problem of recovery

3. Пути и циклы. Связность, компоненты, шарниры, перешейки, блоки /  
Paths and Cycles. Connectivity, components, cutpoints, isthmuses, blocks

4. Расстояния и метрические характеристики /  
Distances and metric characteristics

5. Изоморфизм графов. Инварианты. Автоморфизмы. Помеченные и непомеченные графы. Число помеченных графов. Число способов пометить граф /  
Isomorphism of graphs. Invariants. Automorphisms. Marked and unlabeled graphs. The number of labeled graphs. The number of ways to mark a graph

6. Понятие дерева. Число деревьев. Центр дерева. Каркас графа /  
The concept of a tree. The number of trees. The center of the tree. The skeleton of the graph

7. Распознавание изоморфизма деревьев /  
Recognition of tree isomorphism

8. Двудольные графы. Теорема Кёнига /  
Bipartite graphs. König's theorem

9. Планарные графы. Формула Эйлера. Критерии планарности. Алгоритм проверки планарности /  
Planar graphs. Euler's formula. Criteria for planarity. Algorithm for checking the planarity

10. Метод поиска в ширину. BFS-дерево. Вычисление расстояний в графе /  
Breadth First Search. BFS-tree. Calculation of distances in the graph

11. Метод поиска в глубину. DFS-дерево. Выявление шарниров и перешейков /  
Depth First Search. DFS-tree. Identification of cutpoints and isthmuses

Содержание материала третьего семестра /  
Contents of the third semester material

1. Эйлеровы циклы и пути. Алгоритм построения эйлеровых циклов /  
Euler cycles and paths. Algorithm for constructing Euler cycles.

2. Гамильтоновы циклы и пути. Алгоритмы поиска гамильтоновых циклов /  
Hamiltonian cycles and paths. Algorithms for the search for Hamiltonian cycles.

3. Пространство циклов графа. Квазициклы. Фундаментальные циклы. Цикломатическое число.  
Построение базы циклов /  
Cycle space of a graph. Quasi-cycles. Fundamental cycles. Cyclomatic number. Constructing the base of cycles

4. Пространство разрезов. Введение координат в пространствах циклов и разрезов, взаимная  
ортогональность этих пространств /  
Cut space. Introduction of coordinates in the spaces of cycles and cuts, mutual orthogonality of these spaces

5. Независимые множества и клики в графах. Алгоритм для задачи о независимом множестве на основе  
дерева решений. Эвристические алгоритмы /  
Independent sets and cliques in graphs. Algorithm for the independent set problem based on a decision tree.  
Heuristic algorithms

6. Вершинные покрытия в графах. Алгоритм для задачи о вершинном покрытии. Приближенный  
алгоритм /  
Vertex cover in graphs. Algorithm for the vertex cover problem. Approximate algorithm

7. Паросочетания и реберные покрытия. Увеличивающие пути. Нахождение наибольшего паросочетания  
в двудольном графе /  
Matchings and edge covers. Augmenting paths. Finding the maximum matching in a bipartite graph

8. Независимые множества в двудольных графах. Теорема Кенига-Эгервари /  
Independent sets in bipartite graphs. König-Egervari theorem

9. Раскраски вершин графов. Алгоритм для задачи о раскраске на основе дерева решений.  
Последовательная раскраска. Раскраска ребер. Теорема Визинга (формулировка) /  
Coloring the vertices of graphs. Algorithm for the problem of coloring based on decision trees. Sequential  
coloring. Coloring edges. Vizing's theorem (formulation)

10. Задача о максимальном потоке. Увеличивающие пути. Метод Форда-Фалкерсона. Алгоритм  
Эдмондса-Карпа /  
The problem of maximum flow. Augmenting paths. The Ford-Fulkerson Method. The Edmonds-Carp algorithm

11. Задача об оптимальном каркасе. Алгоритмы Прима и Крускала /

Optimal skeleton problem. Algorithms of Prim and Kruskal

12. Задачи об оптимальных путях. Алгоритм Дейкстры /  
Problems of optimal paths. Dijkstra's algorithm

#### **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.

Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный.

<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>

#### **5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)**

##### **5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:**

##### **5.1.1 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency УК-1:**

1. В обыкновенном графе с 5 вершинами может быть /  
A simple graph with 5 vertices may have

- а) 15 ребер / 15 edges;
- б) 11 ребер / 11 edges;
- в) 9 ребер / 9 edges;
- г) 0 ребер / 0 edges.

2. В матрице смежности полного графа с 5 вершинами имеется ровно /  
Adjacency matrix of complete 5-vertex graph has precisely

- а) 30 единиц / 30 ones;
- б) 20 единиц / 20 ones;
- в) 10 единиц / 10 ones.

3. Инцидентность – это отношение между /  
Incidence is a relation between

- а) двумя вершинами / two vertices;
- б) двумя ребрами / two edges;
- в) вершиной и ребром / vertex and edge;
- г) ребром и вершиной / edge and vertex.

**Assessment criteria (assessment tool — Test)**

Grade	Assessment criteria
pass	Верно решено не менее 60% тестовых заданий
fail	Решено неправильно или не решено более 40% тестовых заданий

**5.1.2 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency УК-1:**

1. Сколько существует абстрактных деревьев с 7 вершинами, радиусом 2 и одной центральной вершиной? /

What is the number of abstract trees with 7 vertices, having radius 2 and one central vertex?

2. Сколько существует абстрактных деревьев с 7 вершинами, имеющих две центральные вершины? /

What is the number of abstract trees with 7 vertices, having 2 central vertices?

3. Сколько существует абстрактных непланарных графов с 6 вершинами, имеющих 5 вершин степени 4? /

What is the number of abstract non-planar graphs with 6 vertices, having 5 vertices of degree 4?

**Assessment criteria (assessment tool — Tasks)**

Grade	Assessment criteria
outstanding	Верно решено не менее 95% задач
excellent	Верно решено не менее 85%, но не более 95% задач
very good	Верно решено не менее 80%, но не более 85% задач
good	Верно решено не менее 70%, но не более 80% задач
satisfactory	Верно решено не менее 55%, но не более 70% задач
unsatisfactory	Верно решено не менее 35%, но не более 55% задач

Grade	Assessment criteria
poor	Верно решено не более 35% задач

## 5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

### 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 теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в 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 и 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

### Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
<b>pass</b>	<b>outstanding</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	<b>excellent</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	<b>very good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	<b>good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	<b>satisfactory</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
<b>fail</b>	<b>unsatisfactory</b>	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	<b>poor</b>	At least one competency has been developed at the "poor" level.

### 5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:

#### 5.3.1 Model assignments (assessment tool - Tasks) to assess the development of the competency УК-1

1. Сколько существует абстрактных непланарных графов с 6 вершинами, из которых не менее двух имеют степень 5? /

What is the number of abstract non-planar graphs with 6 vertices, from which at least two vertices have degree 5?

2. Сколько существует абстрактных графов с 9 вершинами, цикломатическим числом 2, имеющих гамильтонов цикл? /

What is the number of abstract graphs with 9 vertices, having cyclomatic number 2 and Hamiltonian cycle?

3. Сколько существует абстрактных графов с 7 вершинами, диаметром 5 и цикломатическим числом 2? /

What is the number of abstract graphs with 7 vertices, having diameter 5 and cyclomatic number 2?

#### Assessment criteria (assessment tool — Tasks)

Grade	Assessment criteria
outstanding	Верно решено не менее 95% задач
excellent	Верно решено не менее 85%, но не более 95% задач

Grade	Assessment criteria
very good	Верно решено не менее 80%, но не более 85% задач
good	Верно решено не менее 70%, но не более 80% задач
satisfactory	Верно решено не менее 55%, но не более 70% задач
unsatisfactory	Верно решено не менее 35%, но не более 55% задач
poor	Верно решено не более 35% задач

### 5.3.2 Model assignments (assessment tool - Test) to assess the development of the competency УК-1

1. В обыкновенном графе с 5 вершинами может быть /

A simple graph with 5 vertices may have

а) 15 ребер / 15 edges;

б) 11 ребер / 11 edges;

в) 9 ребер / 9 edges;

г) 0 ребер / 0 edges.

2. В матрице смежности полного графа с 5 вершинами имеется ровно /

Adjacency matrix of complete 5-vertex graph has precisely

а) 30 единиц / 30 ones;

б) 20 единиц / 20 ones;

в) 10 единиц / 10 ones.

3. Инцидентность – это отношение между /

Incidence is a relation between

а) двумя вершинами / two vertices;

б) двумя ребрами / two edges;

в) вершиной и ребром / vertex and edge;

г) ребром и вершиной / edge and vertex.

## Assessment criteria (assessment tool — Test)

Grade	Assessment criteria
pass	Верно решено не менее 60% тестовых заданий
fail	Решено неправильно или не решено более 40% тестовых заданий

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

Основная литература:

1. Balakrishnan R. A textbook of graph theory. - New York a. o. : Springer, 2000. - XI, 227 p. : 200 fig. - (Universitext). - ISBN 0-387-98859-9 : 1891-00., 1 экз.
2. Berge, Claude. The theory of graphs. - Mineola : Dover publ., 2001. - VIII, 247 p. - ISBN 0-486-41975-4 : 1141,00., 1 экз.
3. Bollobas, Bela. Modern graph theory. - New York a. o. : Springer, 1998. - X, 394 p. : 118 fig. - (Graduate texts in mathematics ; vol. 184). - ISBN 0-387-98488-7. - ISBN 0-387-98491-7 : 1260-00., 1 экз.
4. Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Florentin Smarandache. Neutrosophic Graph Theory and Algorithms. - IGI Global, 2020. - 1 online resource. - ISBN 9781799813156. - ISBN 9781799813132. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=854431&idb=0>.
2. Godsil, Christopher David. Algebraic graph theory. - New York a. o. : Springer, 2001. - XIX, 439 p. : 120 ill. - (Graduate texts in mathematics ; vol. 207). - ISBN 0-387-95241-1. - ISBN 0-387-95220-9 : 2207-00., 1 экз.

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

Sorochan Sergei Vladimirovich. Fundamentals of Graph Theory = Основы теории графов : teaching aid / S. V. Sorochan ; Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Institute of Information Technologies, Mathematics and Mechanics. - Nizhny Novgorod : UNN Publishing House, 2023. - 59 p. - Текст : электронный.  
<https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=853269&idb=0>

## 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 - Fundamental Informatics and Information Technology.

Авторы: Сорочан Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук.

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

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.