

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

дисциплины

*Б1.О.13 «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ»*

для специальности

*23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»*

по специализации

*«Грузовая и коммерческая работа»*

*«Магистральный транспорт»*

*«Пассажирский комплекс железнодорожного транспорта»*

*«Транспортный бизнес и логистика»*

Санкт-Петербург  
2023

**1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения основной профессиональной образовательной программы, приведены в п. 2 рабочей программы.

**2. Задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих индикаторы достижения компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы**

Перечень материалов, необходимых для оценки индикатора достижения компетенций, приведен в таблицах 2.1 и 2.2.

Т а б л и ц а 2.1

Для очной формы обучения

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>ОПК-1. Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.</i>		
<i>ОПК-1.1.2. Знает методы использования математического анализа и моделирования при решении инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>Обучающийся знает: - основы теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методы регрессионного и дисперсионного анализа.</i>	<i>Лабораторные работы №№1-8 Тестирования №№1-2 Вопросы к экзамену №№1-52</i>
<i>ОПК-1.2. Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук (физики, химии, электротехники), а также математического анализа и моделирования</i>	<i>Обучающийся умеет: - решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, регрессионного и дисперсионного анализа.</i>	<i>Лабораторные работы №№1-8 Тестирования №№1-2 Вопросы к экзамену №№1-52</i>
<i>ОПК-1.3. Владеет методами математического анализа и</i>	<i>Обучающийся владеет: - методами теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания,</i>	<i>Лабораторные работы №№1-8 Тестирования №№1-2 Вопросы к экзамену №№1-52</i>

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции</b>
<i>моделирования в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>методами регрессионного и дисперсионного анализа в объеме, достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	

Т а б л и ц а 2.2

Для заочной формы обучения

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции</b>
<i>ОПК-1. Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук, математического анализа и моделирования.</i>		
<i>ОПК-1.1.2. Знает методы использования математического анализа и моделирования при решении инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>Обучающийся знает: - основы теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методы регрессионного и дисперсионного анализа.</i>	<i>Лабораторные работы №1 и №6 Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Вопросы к экзамену №№1-52</i>
<i>ОПК-1.2. Умеет решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов естественных наук (физики, химии, электротехники), а также математического анализа и моделирования</i>	<i>Обучающийся умеет: - решать инженерные задачи в профессиональной деятельности с использованием методов теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, регрессионного и дисперсионного анализа.</i>	<i>Лабораторные работы №1 и №6 Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Вопросы к экзамену №№1-52</i>
<i>ОПК-1.3. Владеет методами математического анализа и моделирования в объеме, достаточном</i>	<i>Обучающийся владеет: - методами теории графов, теории алгоритмов, теории массового обслуживания, методами регрессионного и дисперсионного анализа в объеме,</i>	<i>Лабораторные работы №1 и №6 Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Вопросы к экзамену №№1-52</i>

Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции
<i>для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	<i>достаточном для решения инженерных задач в профессиональной деятельности.</i>	

### **Материалы для текущего контроля**

Для проведения текущего контроля по дисциплине обучающийся должен выполнить следующие задания

#### Перечень и содержание лабораторных работ

#### **Лабораторная работа 1 – Алгоритмы поиска кратчайших путей в ориентированных сетях**

- 1) Алгоритм Дейкстры. Реализация в MatLAB.
- 2) Алгоритм Беллмана – Форда. Реализация в MatLAB.

#### **Лабораторная работа 2 – Деревья, построение остова минимального веса.**

- 1) Алгоритм Краскала построения остова минимального веса
- 2) Алгоритм Прима построения остова минимального веса
- 3) Построение остовов минимального диаметра.

#### **Лабораторная работа 3 – Построение максимальных потоков и потоков минимальной стоимости в транспортных сетях.**

- 1) Построение максимального потока в транспортной сети на основе метода Форда – Фалкермона.
- 2) Построение потока минимальной стоимости.

#### **Лабораторная работа 4 – Имитационное моделирование реализаций считающих процессов**

- 1) Имитационное моделирование реализаций считающих процессов и входящих потоков в среде MatLAB.
- 2) Графическая визуализация результатов моделирования.
- 3) Оценка характеристик потоков методом Монте-Карло.

#### **Лабораторная работа 5 – Решение дифференциальных уравнений Колмогорова для цепей Маркова с непрерывным временем**

- 1) Написание дифференциальных уравнений Колмогорова в матричной форме для заданной матрицы интенсивности переходов.
- 2) Нахождение нестационарных решений уравнений Колмогорова.
- 3) Построение графиков вероятностей состояний как функций времени, изучение предельного поведения решений (с использованием MatLAB).

#### **Лабораторная работа 6 – Марковские системы обслуживания**

- 1) Имитационное моделирование экспоненциальных систем обслуживания с различными алгоритмами обслуживания (с использованием MatLAB).
- 2) Оценка характеристик марковских систем обслуживания различных типов на основе имитационных моделей.

### **Лабораторная работа 7 – Модель линейной регрессии**

- 1) Оценка параметров регрессии методом наименьших квадратов.
- 2) Визуализация результатов (в среде MatLAB).
- 3) Нахождение доверительных интервалов.
- 4) Оценка значимости регрессии.

### **Лабораторная работа 8 – Однофакторный дисперсионный анализ**

- 1) Оценка параметров модели.
- 2) Вычисление сумм квадратов дисперсионного анализа.
- 3) Проверка гипотезы о значимости фактора с помощью критерия Фишера.

### Перечень и содержание контрольных работ

#### **Контрольная работа (часть 1) – Алгоритмы решения оптимизационных задач теории графов**

- 1) Нахождение минимальных путей в ориентированных сетях (алгоритм Дейкстры, алгоритм Беллмана – Форда).
- 2) Построение остовных деревьев минимального веса (алгоритм Краскала, алгоритм Прима).
- 3) Построение максимальных потоков в сетях с ограниченными пропускными способностями дуг (алгоритм Беллмана – Форда)

#### **Контрольная работа (часть 2) – Марковские системы обслуживания**

- 1) Марковские системы открытого типа: вычисление показателей эффективности.
- 2) Марковские системы замкнутого типа: вычисление показателей эффективности.

### Перечень и содержание тестов

#### **Тестирование 1 – Основы теории графов**

- 1) Основные понятия и термины теории графов.
- 2) Пути, маршруты, цепи, циклы.
- 3) Понятие связности графа
- 4) Матричные представления графов.
- 5) Алгоритмы нахождения минимальных и максимальных путей в ориентированных сетях.
- 6) Понятие дерева, остовного дерева
- 7) Алгоритмы нахождения остовов минимального веса.
- 8) Транспортные сети, потоки в сетях
- 9) Теорема Форда – Фалкерсона.
- 10) Алгоритм построения максимального потока в транспортной сети
- 11) Алгоритм нахождения потока минимальной стоимости.

#### **Тестирование 2 – Системы и сети с очередями**

- 1) Структура и классификация СМО.
- 2) Основные процессы, описывающие динамику СМО.
- 3) Формулы Литтла.
- 4) Понятие простейшего потока, свойства простейшего потока.
- 5) Понятие цепи Маркова с непрерывным временем.
- 6) Дифференциальные уравнения Колмогорова,
- 7) Общее решение для стационарных вероятностей состояний.
- 8) Процессы рождения и гибели.

- 9) Марковские СМО открытого типа, их характеристики.
- 10) Марковские СМО замкнутого типа, их характеристики.
- 11) Марковские сети массового обслуживания (СМО).
- 12) Уравнения баланса.
- 13) Нахождение характеристик сетей в стационарном режиме.
- 14) Модель линейной регрессии.
- 15) Метод наименьших квадратов (МНК).
- 16) Статистические свойства оценок МНК.
- 17) Нормальная регрессия. Доверительные интервалы для Параметров регрессии.
- 18) Коэффициент детерминации.
- 19) Постановка задачи однофакторного дисперсионного анализа.
- 20) Оценка параметров модели дисперсионного анализа.
- 21) Критерий Фишера проверки значимости фактора.

В СДО в части дисциплины «Самостоятельная работа» размещен обучающий тест по разделу дисциплины №1. Количество попыток ответа на вопросы теста не ограничено.

### **Материалы для промежуточной аттестации**

#### Перечень вопросов к экзамену

(ОПК-1.1.2, ОПК-1.2, ОПК-1.3)

1. Определение графа: ориентированные и неориентированные графы, сети.
2. Понятия инцидентности и смежности вершин и ребер графа.
3. Виды графов. Изоморфизм графов.
4. Степени вершин графа, свойства степени. Формулы Эйлера.
5. Понятие подграфа, остова графа.
6. Маршруты, пути, цепи, циклы в графах.
7. Понятие связности графов. Сильная и слабая связность.
8. Компоненты связности, точки сочленения, понятие моста
9. Способы представления графов в памяти компьютера: матрица смежности, матрица инцидентий, списки смежности, представление сетей.
10. Алгоритмы построения кратчайших путей в графах. Алгоритм Дейкстры. Пример.
11. Алгоритм Беллмана – Форда. Пример.
12. Задача о нахождении максимального пути, алгоритмы поиска максимального пути.
13. Понятие дерева. Эквивалентность четырех определений дерева.
14. Ориентированное дерево.
15. Понятие остовного дерева. Кодировка Прюфера.
16. Число остовных подграфов полного графа. Теорема Кэли.
17. Алгоритм Краскала построения остова минимального веса связного графа.
18. Понятие разреза, порожденного разбиением вершин.
19. Алгоритм Прима построения остова минимального веса связного графа
20. Поток в сетях. Понятие потока и разреза. Свойства потока.
21. Транспортные сети. Источник, сток, разрез, отделяющий источник от стока.
22. Теорема об ограниченности потока величиной минимального разреза, отделяющего источник от стока.
23. Теорема Форда – Фалкерсона.
24. Алгоритм построения максимального потока в транспортной сети, основанный на теореме Форда – Фалкерсона. Пример.
25. Задача построения потока минимальной стоимости. Пример.

26. Системы обслуживания (СМО). Структура систем с очередями. Примеры СМО.
27. Классификация СМО. Символика Кендалла.
28. Вероятностные процессы в СМО. Понятие стационарного режима работы.
29. Формулы Литтла для систем с ожиданием. Следствие формул Литтла.
30. Основные характеристики стационарного режима систем обслуживания различных типов.
31. Простейший поток однородных событий, его свойства.
32. Марковские системы обслуживания.
33. Система  $M|M|m$  с ожиданием. Условие существования стационарного режима. Основные характеристики (показатели эффективности).
34. Система  $M|M|m|0$  (с отказами). Формулы Эрланга. Основные характеристики.
35. Система  $M|M|m|n$  (с ограниченной очередью).
36. Система  $M|M|\infty$  (с немедленным обслуживанием).
37. Системы обслуживания замкнутого типа. Система  $M|M|1|\infty|S$ , ее характеристики.
38. Системы обслуживания замкнутого типа. Система  $M|M|\infty|\infty|S$ , ее характеристики.
39. Сети массового обслуживания (СeМО). Модели открытой и замкнутой СеМО.
40. Теорема Берке.
41. Уравнения баланса. Уравнения равновесия.
42. Решение уравнений равновесия для экспоненциальных сетей.
43. Сетевые характеристики марковских СеМО.
44. Модель простой линейной регрессии. Оценка параметров методом наименьших квадратов.
45. Множественная регрессия. Оценка параметров.
46. Статистические свойства оценок наименьших квадратов.
47. Оценка дисперсии случайной составляющей.
48. Нормальная регрессия. Построение доверительных интервалов.
49. Проверка значимости факторов.
50. Коэффициент детерминации.
51. Модель однофакторного дисперсионного анализа. Оценка параметров модели.
52. Критерий Фишера для проверки значимости фактора.

### **3. Описание показателей и критериев оценивания индикаторов достижения компетенций, описание шкал оценивания**

Показатель оценивания – описание оцениваемых основных параметров процесса или результата деятельности.

Критерий оценивания – признак, на основании которого проводится оценка по показателю.

Шкала оценивания – порядок преобразования оцениваемых параметров процесса или результата деятельности в баллы.

Показатели, критерии и шкала оценивания заданий текущего контроля приведены в таблицах 3.1-3.2.

Т а б л и ц а 3.1

Очная форма обучения

<b>№ п/п</b>	<b>Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции</b>	<b>Показатель оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Шкала оценивания</b>
1	Лабораторная работа №1	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	8
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				10
2	Лабораторная работа №2	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	8
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				10
3	Лабораторная работа №3	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	8
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	2
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				10
4	Тестирование 1	Правильность ответов	Пропорционально числу правильных ответов	от 0 до 5
Итого максимальное количество баллов				5
5	Лабораторная работа №4	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				6
6	Лабораторная работа №5	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				6
7	Лабораторная работа №6	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
Итого максимальное количество баллов				6



№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
8	Лабораторная работа №7	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		
9	Лабораторная работа №8	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	5
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	1
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		
10	Тестирование 2	Правильность ответов	Пропорционально числу правильных ответов	от 0 до 5
			Итого максимальное количество баллов	
	<b>ИТОГО максимальное количество баллов</b>			<b>70</b>

Т а б л и ц а 3.2

## Заочная форма обучения

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
1	Контрольная работа (часть 1)	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	15
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0
	Итого максимальное количество баллов			20
2	Лабораторная работа №1	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0
	Итого максимальное количество баллов			15
3	Контрольная работа (часть 2)	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	15
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0

№ п/п	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Показатель оценивания	Критерии оценивания	Шкала оценивания
		Итого максимальное количество баллов		20
4	Лабораторная работа №6	Правильность решения задач	Решения верные, сдано в срок	10
			Решения неправильные	0
		Соответствие отчета требованиям	Соответствует требованиям	5
			Не соответствует требованиям	0
		Итого максимальное количество баллов		15
	<b>ИТОГО максимальное количество баллов</b>			<b>70</b>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов достижения компетенций

Процедура оценивания индикаторов достижения компетенций представлена в таблицах 4.1-4.2.

#### Формирование рейтинговой оценки по дисциплине

Т а б л и ц а 4.1

Очная форма обучения

Вид контроля	Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции	Максимальное количество баллов в процессе оценивания	Процедура оценивания
1. Текущий контроль* успеваемости	<i>Лабораторные работы №№1-8 Тестирования №№1-2</i>	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.1 Допуск к экзамену $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация*	Перечень вопросов к экзамену	30	– получены полные ответы на вопросы – 25...30 баллов; – получены достаточно полные ответы на вопросы – 20...24 балла; – получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов – 11...19 баллов; – не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты – 0...10 баллов.
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

\* Обучающиеся имеют возможность пройти тестовые задания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в Центре тестирования университета

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме *устного ответа на вопросы билета*.

Билет на экзамен содержит 2 вопроса (из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2) и 2 задачи (по темам из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2)

Т а б л и ц а 4.2

Заочная форма обучения

<b>Вид контроля</b>	<b>Материалы, необходимые для оценки индикатора достижения компетенции</b>	<b>Максимальное количество баллов в процессе оценивания</b>	<b>Процедура оценивания</b>
1. Текущий контроль* успеваемости	<i>Контрольная работа (часть 1 и часть 2) Лабораторные работы №1 и №6</i>	70	Количество баллов определяется в соответствии с таблицей 3.2 Допуск к экзамен $\geq 50$ баллов
2. Промежуточная аттестация*	Перечень вопросов к экзамену	30	– получены полные ответы на вопросы – 25...30 баллов; – получены достаточно полные ответы на вопросы – 20...24 балла; – получены неполные ответы на вопросы или часть вопросов – 11...19 баллов; – не получены ответы на вопросы или вопросы не раскрыты – 0...10 баллов.
<b>ИТОГО</b>		<b>100</b>	
<b>3. Итоговая оценка</b>	«Отлично» - 86-100 баллов «Хорошо» - 75-85 баллов «Удовлетворительно» - 60-74 баллов «Неудовлетворительно» - менее 59 баллов (вкл.)		

\* Обучающиеся имеют возможность пройти тестовые задания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации в Центре тестирования университета

Процедура проведения экзамена осуществляется в форме *устного ответа на вопросы билета*.

Билет на экзамен содержит 2 вопроса (из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2) и 2 задачи (по темам из перечня вопросов промежуточной аттестации п.2)

Разработчик оценочных материалов,  
*профессор*  
30 марта 2023 г.

*Н.В. Грибкова*