

КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**АКТУАЛИЗИРОВАНО**  
Решением Ученого совета ИЦТЭ КГЭУ  
Протокол №7 от 24.03.2026

УТВЕРЖДАЮ

Директор института цифровых  
технологий и экономики

Э.И.Беляев

«30» мая 2023 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.15.02 Исследование операций

---

Направление  
подготовки

01.03.04 Прикладная математика  
(Код и наименование направления подготовки)

Квалификация

Бакалавр

---

г. Казань, 2023

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
Кафедра Цифровых систем и моделей	доцент, к.ф.-м.н., с.н.с.	Филимонова Т.К.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Кафедра Цифровых систем и моделей	28.04.2023	4	_____ Зав.каф., к.ф.-м.н., доц. Смирнов Ю. Н.
Согласована	Учебно-методический совет института	30.05.2023	7	_____ Директор, к.т.н., доц. Беляев Э.И.
Одобрена	Ученый совет института	30.05.2023	9	_____ Директор, к.т.н., доц. Беляев Э.И.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Исследование операций» является формирование у студентов теоретических знаний, практических навыков по вопросам, касающимся принятия управленческих решений; обучение студентов применению методов и моделей исследования операций в процессе подготовки и принятия управленческих решений в организационно-экономических и производственных системах.

Задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с основами принятия решений в различных областях: производстве, технике, менеджменте, управление запасами;
- сформировать у студентов устойчивое представление о современных математических моделях и методах принятия целесообразных решений;
- научить интерпретировать реальные задачи как задачи принятия решений;
- научить использовать прикладные программы и разрабатывать алгоритмы для решения задач принятия решений.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ОПК-2 Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем	ОПК-2.1 Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач
	ОПК-2.2 Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности
	ОПК-2.3 Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины Теория вероятности и математическая статистика, Математические модели и методы, Теория игр

Последующие дисциплины Производственная практика (проектно-технологическая), ГИА .

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			5
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	107	107
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,88	68	68
Лекции	0,94	34	34
Практические (семинарские) занятия	-	-	-
Лабораторные работы	0,94	34	34
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,12	148	148
Проработка учебного материала	3,12	112	112
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	36
Промежуточная аттестация:			Э

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
<b>Раздел 1</b> Основные определения исследования операций. Модели управления запасами	61	12	12		37	ТК1	ОПК-2, ОПК-2.1, 3, У, В ОПК-2.2, 3,У, В ОПК-2.3, 3,У, В
Раздел 2 Системы массового обслуживания	63	14	12		37	ТК2	ОПК-2, ОПК-2.1, 3, У, В ОПК-2.2, 3,У, В ОПК-2.3, 3,У, В
Раздел 3 Модели динамического	56	8	10		38	ТК3	ОПК-2, ОПК-2.1, 3, У, В ОПК-2.2, У, В ОПК-2.3, У, В

программирования.							
Экзамен	36				36	<b>ОМ Э</b>	ОПК-2, ОПК-2.1, 3, У, В ОПК-2.2, 3, У, В ОПК-2.3, 3, У, В
<b>Итого за 5 семестр</b>	<b>216</b>	<b>34</b>	<b>34</b>		<b>148</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>34</b>	<b>34</b>		<b>148</b>		

### **3.3. Содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Основные определения исследования операций. Модели управления запасами.**

Тема 1.1. Основные понятия исследования операций.

Тема 1.2. Основные модели управления запасами. Статические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита и с дефицитом.

Тема 1.3. Статическая детерминированная многономенклатурная модель без дефицита. Стохастические модели управления запасами.

#### **Раздел 2. Системы массового обслуживания.**

Тема 2.1. Задачи теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания.

Тема 2.2. Понятие о марковском процессе. Система уравнений Колмогорова.

Тема 2.4. Схема гибели и размножения. Формула Литтла. Простейшие системы массового обслуживания и их характеристики..

Тема 2.5. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с очередями.

Тема 2.6. Системы массового обслуживания с ограничением на длину очереди. Многофазные системы массового обслуживания.

#### **Раздел 3. Модели динамического программирования.**

Тема 3.1. Общая постановка задачи динамического программирования.

Тема 3.2. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.

Тема 3.3. Задача о распределении средств между предприятиями. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями на илет.

Тема 3.4. Задача о замене оборудования. Задача о распределении средств между предприятиями.

#### **3.4. Тематический план практических занятий**

*«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».*

#### **3.5. Тематический план лабораторных работ**

Лабораторная работа № 1. Статические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита и с дефицитом ресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 2. Статическая детерминированная

многономенклатурная модель без дефицитаресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 3. Модель управление запасами производственная, с дисконтом. Стохастические модели управления запасамиресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 4. Одноканальные и многоканальные системы массового обслуживания с отказамиресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 5. Одноканальные и многоканальные системы массового обслуживания с ожиданием с неограниченной очередиюресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 6. Системы массового обслуживания с ограничением на длину очередиресурсов (4ч).

Лабораторная работа № 7. Динамическое программирование. Задача оптимального распределения ресурсов (4ч)

Лабораторная работа № 8. Динамическое программирование. Задача о замене оборудования (6ч)

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

*«Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».*

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено		не зачтено	
ОПК-2	ОПК-2.1	знать:				
		математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем обслуживания и динамического программирования	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамичес-	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамичес-	Плохо знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и	Не знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и

			кого программирования, не допускает ошибок	кого программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	динамического программирования, уровень знаний ниже минимальных требований.
		<b>уметь:</b>				
		разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок	Демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает грубые ошибки
		<b>владеть:</b>				
		методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует навыки применения методов для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Владет методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, опущен ряд ошибок	Демонстрирует навыки использования методов для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много мелких ошибок	Не владеет методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает грубые ошибки
		<b>знать:</b>				
	ОПК-2.2	математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем	Знает основные математические модели и методы	Знает основные математические модели и методы	Плохо знает основные математические модели и методы	Не знает основных математических модели и

		массового обслуживания и динамического программирования	для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок.	для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, уровень знаний минимальных требований
уметь:						
		анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок	Демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает грубые ошибки
владеть:						
		математическими методами, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности	Свободно владеет математическими методами, проверяет их адекватность, анализирует результаты решения задач профессиональной деятельности без ошибок.	Владеет основными методами, проверяет их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допущен ряд ошибок.	Демонстрирует навыки использования методов, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допускает много	Не владеет методами, не может проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допускает грубые ошибки

					мелких ошибок	
ОПК-2	ОПК-2.3	<b>знать:</b>				
		математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	Плохо знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	Не знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, уровень знаний ниже минимальных требований
		<b>уметь:</b>				
		решать практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	Демонстрирует умение решать практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, не допускает ошибок	Демонстрирует умение решать практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает при этом ряд небольших ошибок	В целом демонстрирует умение решать практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает много мелких ошибок	Не сформировано умение решать практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает грубые ошибки
<b>владеть:</b>						
навыками решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	Демонстрирует навыки решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем	Владеет навыками решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	Демонстрирует навыки решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	Не владеет навыками решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем		

			рования систем	рования систем, допущен ряд ошибок	рования систем, допускает много мелких ошибок	рования систем, допускает грубые ошибки

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедреразработчика.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Вентцель, Е.С., Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие / Е.С. Вентцель. — Москва : Юстиция, 2018. — 191 с. — ISBN 978-5-4365-1925-8. — URL: <https://book.ru/book/924288>.
2. Кузнецов, А. В. Высшая математика. Математическое программирование : учебник / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1056-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211070>.
3. Трухин, М. П. Моделирование сигналов и систем. Система массового обслуживания : учебное пособие / М. П. Трухин ; под научной редакцией С. В. Поршнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 232 с. — ISBN 978-5-8114-3922-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207092>.  
пользователей.
4. Есипов, Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-0917-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212204>

#### 5.1.2.Дополнительная литература

1. Сборник задач и упражнений по высшей математике. Математическое программирование : учебное пособие / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод, Н. М. Слукин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1057-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167811>.
2. Баллод, Б. А. Методы и алгоритмы принятия решений в экономике : учебное пособие / Б. А. Баллод, Н. Н. Елизарова. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-3132-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213074>.
3. Гаркавенко, Г. В. Исследование операций и методы оптимизации : учебное пособие / Г. В. Гаркавенко, Н. А. Сапожкова. — Воронеж : ВГПУ, 2021. — 92 с. — ISBN 978-5-00044-838-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/253331>.
4. Бурда, А. Г. Исследование операций и методы оптимизации : учебное пособие / А. Г. Бурда, В. В. Осенний. — Краснодар : КубГАУ, 2020.

— 181 с. — ISBN 978-5-907346-07-9. — Текст : электронный // Лань :  
электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254312>

## 5.2. Информационное обеспечение

### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	<u>Энциклопедии, словари, справочники</u>	<a href="http://www.rubricon.com">http://www.rubricon.com</a>
2	Портал "Открытое образование"	<a href="http://npoed.ru">http://npoed.ru</a>
3	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных /Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Федеральный образовательный портал «Экономика, социология, менеджмент»	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>	<a href="http://ecsocman.hse.ru/">http://ecsocman.hse.ru/</a>
2	<i>Общероссийский математический портал</i>	<a href="http://www.mathnet.ru">http://www.mathnet.ru</a>	<a href="http://www.mathnet.ru">http://www.mathnet.ru</a>
3	Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
4	Университетская информационная система Россия	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>	<a href="http://uisrussia.msu.ru">uisrussia.msu.ru</a>
5	ИСС «Кодекс» / «Техэксперт»	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>	<a href="http://app.kgeu.local/Home/Apps">http://app.kgeu.local/Home/Apps</a>
6	«Гарант»	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a>
7	«Консультант плюс»	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
8	<i>Образовательный портал</i>	<a href="http://www.ucheba.com">http://www.ucheba.com</a>	<a href="http://www.ucheba.com">http://www.ucheba.com</a>

#### 4.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	Windows 7 Профессиональная (Pro)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
2	MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право.
3	Simulink Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Графическая среда имитационного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право.
4	Optimization Toolbox Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Модуль решения задач линейной, квадратичной, целочисленной и нелинейной оптимизации для MATLAB.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право .
5	Global Optimization Toolbox Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Модуль решения задач линейной, квадратичной, целочисленной и нелинейной оптимизации для MATLAB.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право .
6	MATLAB Compiler Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	инструмент, позволяющий создавать независимые приложения в среде MATLAB.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право.
7	Database Toolbox Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Модуль сопряжения БД для MATLAB	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право.
8	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
10	Visual Studio Professional 2013 Russian OLP NL AcademicEdition	Программный продукт содержащий в себе инструменты и службы для разработки	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2014.1610 от 05.11.2014 Неискл. право. Бессрочно
11	Office Professional Plus 2007 Windous32 Russian DiskKit MVL CD	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №225/10 от 28.01.2010 Неискл. право. Бессрочно

12	Scilab	"Пакет прикладных математических программ предоставляющий открытое окружение для инженерных (технических) и научных расчётов."	Свободная лицензия Неискл. право Бессрочно
----	--------	--	--

## 5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Лабораторные работы	Компьютерный класс с выходом в Интернет Д-424	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www/kgeu.ru](http://www/kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи

ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по**

## **организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

### *Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

### *Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в

трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**КГУ**

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

**Б1.О.15.02 Исследование операций**

---

г. Казань, 2023



## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

### Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ОПК-2	ОПК-2.1	<b>знать:</b>				
		математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	Плохо знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	Не знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, уровень знаний ниже минимальных требований.
		<b>уметь:</b>				
		разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает	Демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает	В целом демонстрирует умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допу	Не сформировано умение разрабатывать математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования,

			ошибок	при этом ряд небольших ошибок	скает много мелких ошибок	допускает грубые ошибки
		<b>владеть:</b>				
		методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует навыки применения методов для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Владеет методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, опущен ряд ошибок	Демонстрирует навыки использования методов для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много мелких ошибок	Не владеет методами для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает грубые ошибки
		<b>знать:</b>				
		математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Знает основные математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок.	Знает основные математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	Плохо знает основные математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	Не знает основных математических моделей и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, уровень знаний ниже минимальных требований
		<b>уметь:</b>				
		анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и	Демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и	В целом демонстрирует умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового	Не сформировано умение анализировать результаты решения задач управления запасами, систем массового обслуживания
	ОПК-2.2					

			динамического программирования, не допускает ошибок	динамического программирования, допускает при этом ряд небольших ошибок	обслуживания и динамического программирования, допускает много мелких ошибок	ния и динамического программирования, допускает грубые ошибки
		<b>владеть:</b>				
		математическими методами, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности	Свободно владеет математическими методами, проверяет их адекватность, анализирует результаты решения задач профессиональной деятельности без ошибок.	Владеет основными методами, проверяет их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допущен ряд ошибок.	Демонстрирует навыки использования методов, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допускает много мелких ошибок	Не владеет методами, не может проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности, допускает грубые ошибки
ОПК-2	ОПК-2.3	<b>знать:</b>				
		математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, не допускает ошибок	Знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, может допускать несколько негрубых ошибок	Плохо знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, допускает много негрубых ошибок	Не знает математические модели и методы для решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, уровень знаний ниже минимальных требований
		<b>уметь:</b>				
		решать практические задачи с применением математических моделей и	Демонстрирует умение решать практические задачи с приме-	Демонстрирует умение решать практические задачи с приме-	В целом демонстрирует умение решать практические задачи с	Не сформировано умение решать практические задачи

	методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	нием математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, не допускает ошибок	нием математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает при этом ряд небольших ошибок	применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает много мелких ошибок	с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает грубые ошибки
	<b>владеть:</b>				
	навыками решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем	Демонстрирует навыки решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем	Владеет навыками решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допущен ряд ошибок	Демонстрирует навыки решения практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает много мелких ошибок	Не владеет решением практических задач с применением математических моделей и методов, оценивать надежность и качество функционирования систем, допускает грубые ошибки

Оценка **«отлично»** выставляется за выполнение *лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание математических методов решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

Оценка **«хорошо»** выставляется за выполнение *лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; понимание математических методов решения задач управления запасами, систем массового обслуживания и динамического программирования, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);*

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется за выполнение *лабораторных в семестре и тестовых заданий;*

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется за слабое и неполное выполнение *лабораторных работ в семестре и тестовых заданий*.

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Конспектирование учебного материала	Краткое текстовое представление переработанной информации	Перечень разделов
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованный как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися	Вопросы по темам / разделам дисциплины

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

*Пример задания*

**Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция: **ОПК-2**Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем;

**ОПК-2.1**Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач;

**ОПК-2.2**Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности;

**ОПК-2.3**Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем.

#### Тест

1. Оптимальный размер поставки материалов в однопродуктовой детерминированной задаче управления запасами с дефицитом вычисляется по формуле ...

$$-n_{onm} = \sqrt{\frac{2c \cdot b}{v}}$$

$$-n_{onm} = \sqrt{\frac{2c \cdot B}{v \cdot \rho}} \text{ дения}$$

$$-n_i = \sqrt{\frac{2c_i \cdot b_i}{v_i + 2\lambda \cdot m \cdot s_i}}$$

$$-n_{onm} = \sqrt{\frac{2c \cdot \beta}{v}}$$

2. Общие затраты в однопродуктовой детерминированной задаче управления запасами без дефицита вычисляется по формуле ...

$$-W = \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n_M$$

$$-W = \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v^2 \cdot s \cdot Q}{2 \cdot n} + \frac{u \cdot (n-s)^2 \cdot Q}{2 \cdot n}$$

$$-W = \sum_{i=1}^I \left( \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n \right)$$

$$-W = \frac{c \cdot \beta}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n + v \cdot \sigma \cdot u_0$$

3. Общие затраты в однопродуктовой детерминированной задаче управления запасами с дефицита вычисляется по формуле ...

$$-W = \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n$$

$$-W = \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v^2 \cdot s \cdot Q}{2 \cdot n} + \frac{u \cdot (n-s)^2 \cdot Q}{2 \cdot n}$$

$$-W = \sum_{i=1}^I \left( \frac{c \cdot N}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n \right)$$

$$-W = \frac{c \cdot \beta}{n} + \frac{v \cdot Q}{2} \cdot n + v \cdot \sigma \cdot u_0 \text{ и}$$

4. Оптимальные средние затраты на поставку и хранение в единицу времени в однопродуктовой детерминированной задаче управления запасами без дефицита вычисляется по формуле ...

$$-\bar{W}_0 = \sqrt{2 \cdot c \cdot v \cdot b}$$

$$-\bar{W}_0 = \sqrt{2 \cdot c \cdot v \cdot \rho \cdot B}$$

$$-\bar{W}_0 = \sum_i \sqrt{2 \cdot c_i \cdot v_i \cdot b_i}$$

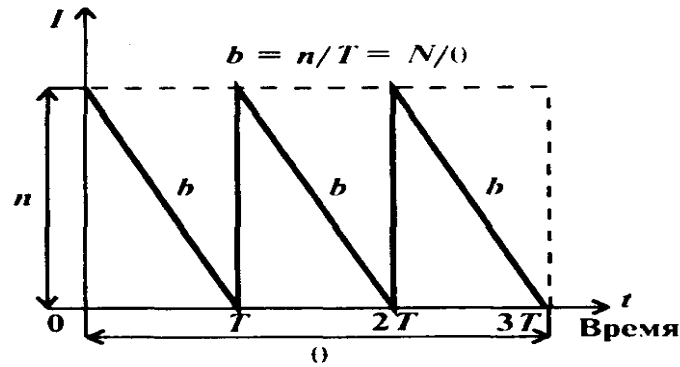
$$-\bar{W}_0 = \sqrt{2 \cdot c \cdot v \cdot \beta} + v \cdot \sigma \cdot u_0$$

5. Задачи управления запасами по количеству управляемых периодов можно разделить на ...

- однопериодные и многопериодные
- мгновенные и периодические
- детерминированные и вероятностные
- однопродуктовые и многопродуктовые

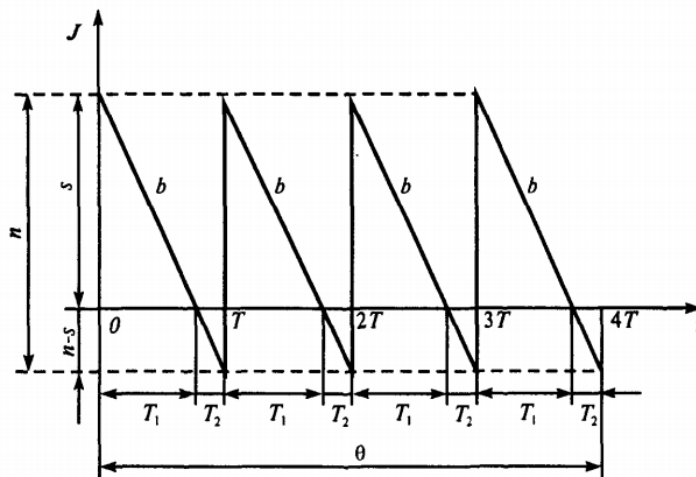
6. Дополните

На графике представлено движение запасов в течение времени  $T$  для ... без дефицита задачи управления запасами



7. Дополните

На графике представлено движение запасов в течение времени  $T$  для задачи управления запасами с учетом ... из-за неудовлетворенного спроса



8. Производственный участок предприятия в течение года непрерывно и равномерно потребляет 730000 деталей определенного типа. Детали поставляются партиями одинакового объема по цене 50000 руб. за партию. Стоимость хранения одной детали на складе составляет 1,5 руб./сутки. Оптимальные средние затраты на поставку и хранение в единицу времени равны ....

9. Производственный участок предприятия в течение года непрерывно и равномерно потребляет 730000 деталей определенного типа. Детали поставляются партиями одинакового объема по цене 50000 руб. за партию. Стоимость хранения одной детали на складе составляет 1,5 руб./сутки. Оптимальный интервал времени между поставками равен ... (с точностью до сотых долей).

10. Задачи управления запасами по виду целевой функции можно разделить на задачи ...

- с пропорциональными и непропорциональными запасами
- однопериодные и многопериодные
- мгновенные и периодические
- детерминированные и вероятностные

## **Конспектирование учебного материала**

### **Раздел 1. «Основные определения исследования операций. Модели управления запасами»**

Тема 1.1. Основные понятия исследования операций.

Тема 1.2. Основные модели управления запасами. Статические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита и с дефицитом.

Тема 1.3. Статическая детерминированная многономенклатурная модель без дефицита. Стохастические модели управления запасами.

### **Отчет по лабораторной работе (ОЛР)**

#### **Лабораторная работа 1. Статистические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита и с дефицитом**

**Цель работы:** изучить основные понятия теории управления запасами, основные модели управления запасами, приобретения навыков составления статических однономенклатурных детерминированных моделей управления запасами без дефицита и с дефицитом, расчета оптимального объема заказа, числа оптимальных партий, время расхода оптимальной партии и минимальных суммарных затрат (4 часа)\_

#### ***Индивидуальное задание на выполнение работы***

1. Ознакомьтесь со статической детерминированной однономенклатурной моделью управления запасами без дефицита.
2. Ознакомьтесь со статической детерминированной однономенклатурной моделью управления запасами с дефицитом.
3. У преподавателя получите вариант индивидуального задания.
4. Составить модели задачи управления запасами по индивидуальному заданию.
4. Разработать программу для вычисления оптимальных средних затрат на поставку и хранения в единицу времени, оптимального размера партии товара, оптимального интервала времени между поставками.
5. Провести вычисления по программе и в математических пакетах.
6. Сделайте выводы и оформите отчет по лабораторной работе.

## Варианты индивидуальных заданий

**Задание 1.** На предприятии потребность в деталях определенного типа составляет  $N$  деталей в год, при этом эти детали расходуются в процессе производства равномерно и непрерывно. Детали поставляются партиями одинакового объема и заказываются раз в год. Стоимость хранения одной детали на складе составляет  $c_2$ , а поставка партии стоит  $c_1$ . Задержка производства из-за отсутствия деталей недопустима. Определите оптимальный объем партии, оптимальный интервал времени между поставками, оптимальные средние затраты на поставку и хранение в единицу времени. Найти характеристики запасов при увеличении интервала времени между поставками в  $l$  раз

### Требования к оформлению отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) номер и название лабораторной работы;
- 2) цель работы;
- 3) задание;
- 4) формулы для определения основных характеристик задачи управления запасами;
- 5) листинги программ;
- 5) результаты аналитических вычислений и по программам;
- 3) анализ полученных результатов.

### Контрольные вопросы

1. Постановка задачи управления запасами.
2. Классификация задач управления запасами.
3. Основные модели управления запасами.
4. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
5. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели с дефицитом.

**Для дополнительных баллов в Разделе 1. (15 баллов).**

**Коллоквиум (К) (15 баллов).-**

**Вопросы по темам / разделам дисциплины**

1. Основные понятия исследования операций.
2. Постановка задачи управления запасами.
3. Классификация задач управления запасами.
4. Основные модели управления запасами.
5. Статические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита.

6. Статические детерминированные однономенклатурные модели с дефицитом.
7. Статическая детерминированная многономенклатурная модель без дефицита
8. Стохастические модели управления запасами
9. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
10. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели с дефицитом.
11. Дайте определение статической многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
12. Запишите дополнительное условие ограничение по площади складских помещений для многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
13. Какой метод можно использовать для решения многономенклатурной детерминированной модели с ограничениями?.
14. По какой формуле можно определить оптимальный интервал времени между поставками?
15. Запишите целевую функцию для многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
16. Модель оптимального размера заказа с производством.
17. Модель оптимального размера заказа с количественными скидками.
18. Дискретная модель стохастическая модель оптимизации начального запаса.

### **Для текущего контроля ТК2:**

Проверяемая компетенция: **ОПК-2**Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем;

**ОПК-2.1**Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач;

**ОПК-2.2**Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности;

**ОПК-2.3**Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем.

### **Тест**

1. Одна работница обслуживает тридцать ткацких станков, обеспечивая их запуск после разрыва нити. Модель такой системы массового обслуживания можно охарактеризовать как ...

- многоканальную однофазовую с ограниченной популяцией;
- одноканальную однофазовую с неограниченной популяцией;
- одноканальную многофазовую с ограниченной популяцией;
- одноканальную однофазовую с ограниченной популяцией;
- многоканальную однофазовую с неограниченной популяцией.

2. В теории массового обслуживания для описания простейшего потока заявок, поступающих на вход системы, используется распределение вероятностей ...

- нормальное;
- экспоненциальное;
- пуассоновское;
- биномиальное;
- ничто из вышеуказанного не является верным.
- 

3. В теории массового обслуживания предполагается, что количество заявок в популяции является ...

- фиксированным или переменным;
- ограниченным или неограниченным;
- известным или неизвестным;
- случайным или детерминированным;
- ничто из вышеуказанного не является верным.

4. Двумя основными параметрами, которые определяют конфигурацию системы массового обслуживания, являются ...

- темп поступления и темп обслуживания;
- длина очереди и правило обслуживания;
- распределение времени между заявками и распределение времени обслуживания;
- число каналов и число фаз обслуживания;
- ничто из вышеуказанного не является верным.

5. В теории массового обслуживания для описания времени, затрачиваемого на обслуживание заявок, обычно используется распределение вероятностей ...

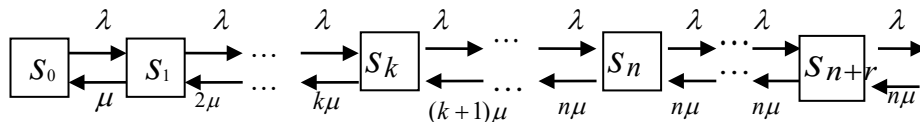
- нормальное;
- экспоненциальное;
- пуассоновское;
- биномиальное;

- ничто из вышеуказанного не является верным.

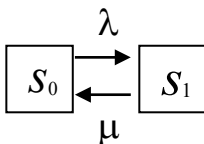
6. Ремонт вышедших из строя компьютеров на экономическом факультете осуществляют три специалиста, работающие одновременно и независимо друг от друга. Модель такой системы массового обслуживания можно охарактеризовать как:

- 1) многоканальную с ограниченной популяцией;
- 2) одноканальную с неограниченной популяцией;
- 3) одноканальную с ограниченной популяцией;
- 4) одноканальную с ограниченной очередью;
- 5) многоканальную с неограниченной популяцией.

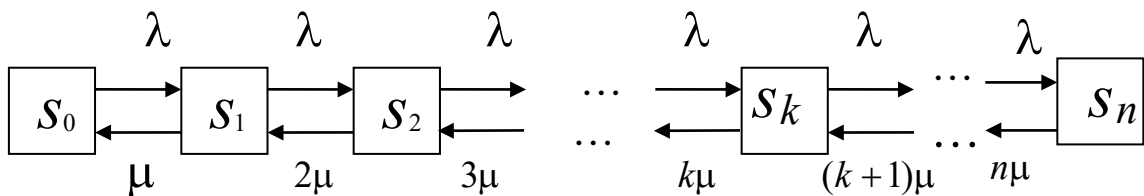
7. На рисунке представлен граф состояний многоканальной СМО с ... очередью



8. На рисунке представлен граф состояний одноканальной СМО с ...



9. На рисунке представлен граф состояний многоканальной СМО с ...



10. Вероятность отказа, т.е. того, что заявка покинет ... СМО необслуженной определяется по формуле  $P_{\text{отк}} = P_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$

## Конспектирование учебного материала

### Раздел 2. «Системы массового обслуживания»

Тема 2.1. Задачи теории массового обслуживания. Классификация систем массового обслуживания.

Тема 2.2. Понятие о марковском процессе. Система уравнений Колмогорова.

Тема 2.4. Схема гибели и размножения. Формула Литтла. Простейшие системы массового обслуживания и их характеристики..

Тема 2.5. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с очередями.

Тема 2.6. Системы массового обслуживания с ограничением на длину очереди. Многофазные системы массового обслуживания.

## **Отчет по лабораторной работе (ОЛР)**

### ***Лабораторная работа 4. Одноканальные и многоканальные системы массового обслуживания с отказами***

**Цель работы:** изучить основные положения и определения одноканальных и многоканальных системах массового обслуживания с отказами, сформировать практические навыки расчетов основных показателей эффективности СМО с отказами, провести расчет основных показателей эффективности СМО с отказами (4 часа).

### **Индивидуальное задание на выполнение работы**

1. Ознакомиться с моделями одноканальных и многоканальных систем массового обслуживания с отказами.
2. У преподавателя получить вариант индивидуального задания.
3. Произвести вычисления индивидуального задания.
4. Сделать выводы по работе и оформить отчет.

### **Варианты индивидуальных заданий**

**Задание 1.** Пусть одноканальная СМО с отказами представляет собой один пост ежедневного обслуживания (ЕО) для мойки автомобилей. Заявка – автомобиль, прибывший в момент, когда пост занят, – получает отказ в обслуживании. Интенсивность потока автомобилей  $\lambda$  (автомобиль в час). Средняя продолжительность обслуживания  $t_{об}$  часа. Поток автомобилей и поток обслуживаний являются простейшими.

Требуется определить в установившемся режиме предельные значения:

- 1) относительной пропускной способности  $Q$ ;
- 2) абсолютной пропускной способности  $A$ ;
- 3) вероятности отказа  $P_{отк}$ ;

Сравните фактическую пропускную способность СМО с номинальной, которая была бы, если бы каждый автомобиль обслуживался точно  $t_{об}$  часа и автомобили следовали один за другим без перерыва.

### **Требования к оформлению отчета**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) номер и название лабораторной работы;
- 2) цель работы;
- 3) задание;
- 4) формулы для определения основных показателей СМО с отказами;
- 6) результаты вычислений аналитически и в EXCEL;
- 7) анализ полученных результатов.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте описание моделей СМО с отказами.
2. Какими показателями характеризуется функционирование СМО с отказами?
3. Приведите формулу Эрланга для интенсивности потока.
4. Чему равна абсолютная пропускная способность СМО?
5. Изобразите граф состояния одноканальной СМО с отказами.
6. Изобразите граф состояния  $n$ -канальной СМО с отказами.
7. Чему равна абсолютная пропускная способность для  $n$ - канальной СМО с отказами?
8. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ -канальной СМО с отказами?

**Для дополнительных баллов в Разделе 2. (20 баллов)**

**Коллоквиум (К) (20 баллов).-**

**Вопросы по темам / разделам дисциплины**

1. Приведите примеры систем массового обслуживания.
2. Классификация систем массового обслуживания.
3. Определение случайного процесса и примеры.
4. Определение марковского случайного процесса.
5. Какие случайные процессы называются дискретными?
6. Что понимается под графом состояния системы?
7. Определение эргодической системы.
8. Дискретный Марковский процесс с дискретным временем.
9. Однородные Марковские цепи

10. Дайте описание моделей СМО с отказами.
11. Какими показателями характеризуется функционирование СМО с отказами?
12. 2. Приведите формулу Эрланга для интенсивности потока.
13. 3. Чему равна абсолютная пропускная способность СМО?
14. Изобразите граф состояния одноканальной СМО с отказами.
15. Изобразите граф состояния  $n$ -канальной СМО с отказами.
16. Чему равна абсолютная пропускная способность для  $n$ -канальной СМО с отказами?
17. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ -канальной СМО с отказами?
18. Изобразите граф состояния одноканальной СМО с неограниченной очередью.
19. Изобразите граф состояния многоканальной СМО с неограниченной очередью.
20. Как определить среднее время пребывания заявки в системе с ожиданием?
21. Как определить вероятность того, что канал занят (степень загрузки канала) в системе с ожиданием?
22. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ -канальной СМО с ожиданием.
23. Как определяется среднее время пребывания заявки в очереди?
24. Как определить среднее время пребывания заявки в системе с ограничением?
25. Как определить вероятность того, что канал занят (степень загрузки канала) в системе с ограничением?
26. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ -канальной СМО с ограничением?
27. Как определяется среднее время пребывания заявки в очереди в СМО с ограничением?
28. Каким видом дифференциальных уравнений описывается многофазная система массового обслуживания?
29. Что называется интенсивностью входного потока требований?
30. Что называется интенсивностью обслуживания многофазной системы?
31. Могут ли быть многофазные системы с ожиданием? Если могут, то как будет выглядеть схема моделирования многофазной системы с ожиданием?
32. Какие ограничения накладываются на численные значения интенсивности входного потока требований и интенсивности обслуживания в многофазной системе при ее моделировании?

**Для текущего контроля ТКЗ:**

Проверяемая компетенция:

**ОПК-2** Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем;

**ОПК-2.1** Способен разрабатывать математические модели и методы для решения исследовательских и проектных задач;

**ОПК-2.2** Способен применять математические модели и методы, проверять их адекватность, анализировать результаты решения задач профессиональной деятельности;

**ОПК-2.3** Решает практические задачи с применением математических моделей и методов, оценивает надежность и качество функционирования систем.

### Тест

1. Согласно принципу оптимальности Беллмана, оптимальное управление на данном шаге зависит от оптимального управления на ...
  - первом шаге
  - последующих шагах
  - последнем шаге
  - предыдущих шагах
2. В многоэтапных процессах с последовательным принятием решений переход системы от этапа к этапу и от состояния к состоянию описывается ... уравнениями
3. Типичное функциональное уравнение, описывающее дискретный процесс, имеет вид....
  - $f_N(x) = \max [g_N(y_N) + f_{N-1}(x - y_N)]$
  - $f_{N-1}(x - y_N) = \max [g_{N-1}(y_{N-1}) + f_{N-2}(x - y_N^* - y_{N-1})]$
  - $f_{N-1}(x - y_N) = \max [g_{N-1}(y_{N-1}) - f_{N-2}(x - y_N^* - y_{N-1})]$
  - $f_N(x) = \max [g_N(y_N) - f_{N-1}(x - y_N)]$
4. Какому условию должна удовлетворять целевая функция при ее решении методами динамического программирования:
  - аддитивности
  - непрерывности
  - линейности
  - нелинейности

5. Принцип при котором оптимальное продолжение процесса отыскивается относительно состояния, достигнутого в данный момент, называется принципом оптимальности ... .
6. Какую задачу нельзя решать методами динамического программирования?
  - распределение ресурсов
  - определения оптимального ассортимента продукции
  - разработка правил управления запасами
  - разработка принципов календарного планирования производства
7. В процессе динамического программирования раньше всех планирует ... шаг
8. ... программирование представляет собой поэтапное планирование многошагового процесса, при котором на каждом этапе, учитывая развитие всего процесса, оптимизируют только один шаг, т.е. при принятии решения учитывается будущее.

## **Конспектирование учебного материала**

### **Раздел 3. « Модели динамического программирования ».**

Тема 3.1. Общая постановка задачи динамического программирования.

Тема 3.2. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана.

Тема 3.3. Задача о распределении средств между предприятиями. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями на илет.

Тема 3.4. Задача о замене оборудования. Задача о распределении средств между предприятиями.

## **Отчет по лабораторной работе (ОЛР)**

### **Лабораторная работа № 7 Динамическое программирование. Задача оптимального распределение ресурсов.**

**Цель работы:**изучить основные положения и определения задачи динамического программирования, сформировать практические навыки решения задачи оптимального распределения ресурсов, провести расчет оптимального распределения ресурсов (4 часа).

## Индивидуальное задание на выполнение работы

1. Ознакомиться с моделями динамического программирования.
2. У преподавателя получить вариант индивидуального задания.
3. Произвести вычисления индивидуального задания.
4. Сделать выводы по работе и оформить отчет.

### Варианты индивидуальных заданий

**Задача 1.** В задаче распределения ресурсов предполагается, что полный доход зависит только от начального количества ресурсов и числа этапов  $N$  и не зависит от времени начала процесса. Допустим, что в результате деления ресурсов на величины  $y$  и  $x - y$  на  $k$ -м году получен доход  $g_k(x, y)$  и для дальнейшего распределения осталось количество средств  $r_k(x, y)$ . Необходимо определить управление, позволяющее максимизировать полный доход  $N$ -этапного процесса.

### Требования к оформлению отчета

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- 1) номер и название лабораторной работы;
- 2) цель работы;
- 3) задание;
- 4) результаты вычислений аналитически, в математических пакетах и программная реализация;
- 5) анализ полученных результатов;
- 6) выводы.

### Контрольные вопросы

1. Общая постановка задачи динамического программирования.
2. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования.
3. Принцип оптимальности Р. Беллмана.
4. Запишите функциональное уравнение Беллмана.
5. Классическая задача распределения ресурсов.

**Для дополнительных баллов в Разделе 3. (10 баллов)**

**Коллоквиум (К) (10 баллов).-**

**Вопросы по темам / разделам дисциплины**

1. Общая постановка задачи динамического программирования.
2. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования.
3. Принцип оптимальности Р. Беллмана.
4. Запишите функциональное уравнение Беллмана.
5. Классическая задача распределения ресурсов.
6. Неоднородные этапы в распределении ресурсов по  $N$  отраслям.
7. Распределение ресурсов с резервированием.
8. Распределение ресурсов с «вложением доходов».
9. Задача о замене оборудования.
10. Метод динамического программирования в недетерминированном случае.
11. Эффективность динамического программирования.

**Для промежуточной аттестации:**

**Задание промежуточной аттестации.**

**Задача 1** В универсаме имеется несколько касс. Интенсивность потока покупателей составляет 2,5 покупателей в минуту. Интенсивность обслуживания покупателей одной кассой – один покупатель в минуту. Предполагается, что очередь может быть неограниченной длины. Определить характеристики обслуживания при наличии трех работающих касс, а также вероятность того, что в очереди будет не более двух покупателей.

**Задача 2** В ателье по ремонту телевизоров с двумя рабочими местами поступают заказы от населения. Если заняты оба рабочих места, то вновь поступивший заказ не принимается. Среднее время работы с одним заказом равно 1 ч. Интенсивность потока -  $1\frac{1}{4}$ . Найти предельные вероятности состояний и показатели эффективности работы ателье.

**Задача 3.** Фирма приобретает в течение года  $L$  компьютеров для розничной продажи в своем магазине. Издержки хранения каждого телевизора равны  $c_2$  руб. в год. Издержки заказа –  $c_1$  руб. Количество рабочих дней в году равно  $\theta$ , время выполнения заказа  $T$  дней.

Определите оптимальный размер заказа, годовые издержки заказа, точку восстановления запаса.

**Задача 4.** Цветочный магазин специализируется на продаже букетов стоимостью  $c_2$  руб. Затраты на хранение единицы продукции составляют  $c_1$  руб. Изучение спроса, проведенное в течение месяца, дало следующее распределение числа покупаемых букетов:

Спрос, шт.	2	3	4	5	6
Вероятность	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1

Найдите оптимальный размер запаса.

**Задача 5.** Предприятие выпускает электробритвы в среднем 150 в день. Дневной спрос на электробритвы примерно равен 40 штук. Фиксированные издержки производства составляют 100 руб., издержки хранения - 8 руб. за электробритву в год. В году 250 рабочих дней.

Определить оптимальный размер заказа, издержки хранения и совокупные издержки за год.

**Задача 6.** На железнодорожной станции касса с двумя окошками продает билеты в два пункта *A* и *B*. Интенсивность потока пассажиров, желающих купить билеты для обоих пунктов, одинаковы  $\lambda_A = \lambda_B = 0,45$   $\lambda$  (пассажиров в минуту). На обслуживание пассажиров кассир в среднем тратит 2 мин.

При этом могут быть два варианта продажи билетов:

- 1) билеты продаются в каждом окошке и в пункт *A* и в пункт *B*;
- 2) билеты в первом окошке продаются в пункт *A*, а во втором только в пункт *B*.

Необходимо;

- 1) сравнить два варианта продажи по основным характеристикам обслуживания; определить, как надо изменить среднее время обслуживания одного пассажира, чтобы по второму варианту продажи билетов пассажиры затрачивали на приобретение билетов в среднем меньше, чем по первому варианту.

**Задача 7.** Фирма «Северный олень» производит и продает елочные игрушки. Для покупателей-оптовиков фирма делает скидку, в зависимости от размера заказа фирма предлагает скидки:

Вариант скидки	1	2	3
Размер заказа, шт	0 – 200	200 – 500	500 - $\infty$
Размер скидки, %	0	7	15

Издержки заказа составляют 48 рублей. Годовой спрос на елочные игрушки составляет 600 единиц. Годовые издержки хранения в процентном отношении к цене составляют 20%. Стоимость одной игрушки составляет 10 денежных единиц. Найдите размер заказа, минимизирующий общие издержки.

**Задача 8.** Пусть филиал фирмы по ремонту радиоаппаратуры имеет пять мастеров ( $n = 5$ ). В среднем в течение рабочего дня от населения поступает в ремонт 10 радиоаппаратов ( $\lambda = 10$ ). Общее число радиоаппаратов, находящихся в эксплуатации у населения очень велико, и они независимо друг от друга в различные моменты времени выходят из строя. Поэтому есть все основания полагать что поток заявок на ремонт является случайным, пуассоновским. В свою очередь каждый аппарат в зависимости от характера неисправности также требует различного случайного времени на ремонт. Время на проведение ремонта зависит во многом от сложности ремонта квалификации мастера и множества других причин.

Пусть статистика показала, что время ремонта подчиняется экспоненциальному закону. При этом в среднем в течение рабочего из мастеров успевает отремонтировать 2,5, радиоаппарата. Рабочий день 7 часов.

Требуется оценить работу филиала фирмы по ремонту радиоаппаратуры, рассчитав ряд основных характеристик данной СМО.

**Задача 9.** На предприятии потребность в деталях определенного типа составляет 17000 деталей в год, при этом эти детали расходуются в процессе производства равномерно и непрерывно. Детали поставляются партиями одинакового объема и заказываются раз в год. Стоимость хранения одной детали на складе составляет 1,2 рубля в день, а поставка партии стоит 25000 руб. Задержка производства из-за отсутствия деталей недопустима. Определите оптимальный объем партии, оптимальный интервал времени между поставками, оптимальные средние затраты на поставку и хранение в единицу времени. Найдите характеристики запасов при увеличении интервала времени между поставками в 1,5 раз.

**Задача 10.** Фирма закупает продукцию 4 видов в течение года. Для каждого вида продукции известна цена закупки, спрос, затраты на поставку и хранения единицы продукции. Известна сумма финансирования покупки ( $V$ ), которую фирма может потратить. Исходные данные приведены в таблицах. Сумма финансирования покупки -  $V = 40000$  усл. ед.

Определите для каждой продукции оптимальный объем, оптимальный интервал времени между поставками и оптимальные средние затраты на поставку и хранения в единицу времени.

### **Вопросы к экзамену.**

1. Постановка задачи управления запасами.
2. Классификация задач управления запасами.
3. Основные модели управления запасами.
4. Статические детерминированные однономенклатурные модели без дефицита.
5. Статические детерминированные однономенклатурные модели с дефицитом.
6. Статическая детерминированная многономенклатурная модель без дефицита
7. Стохастические модели управления запасами
8. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
9. Основные параметры статической однономенклатурной детерминированной модели с дефицитом.
10. Дайте определение статической многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.

11. Запишите дополнительное условие ограничения по площади складских помещений для многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
12. Какой метод можно использовать для решения многономенклатурной детерминированной модели с ограничениями?.
13. Запишите целевую функцию для многономенклатурной детерминированной модели без дефицита.
14. Модель оптимального размера заказа с производством.
15. Модель оптимального размера заказа с количественными скидками.
16. Дискретная модель стохастическая модель оптимизации начального запаса.
17. Классификация систем массового обслуживания.
18. Определение марковского случайного процесса.
19. Какие случайные процессы называются дискретными?
20. Что понимается под графом состояния системы?
21. Дискретный Марковский процесс с дискретным временем.
22. Дайте описание моделей СМО с отказами.
23. Какими показателями характеризуется функционирование СМО с отказами?
24. Приведите формулу Эрланга для интенсивности потока.
25. Чему равна абсолютная пропускная способность СМО?
26. Изобразите граф состояния одноканальной СМО с отказами.
27. Изобразите граф состояния  $n$ -канальной СМО с отказами.
28. Чему равна абсолютная пропускная способность для  $n$ - канальной СМО с отказами?
29. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ -канальной СМО с отказами?
30. Изобразите граф состояния одноканальной СМО с неограниченной очередью.
31. Изобразите граф состояния многоканальной СМО с неограниченной очередью.
32. Как определить среднее время пребывания заявки в системе с ожиданием?
33. Как определить вероятность того, что канал занят (степень загрузки канала) в системе с ожиданием?
34. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ - канальной СМО с ожиданием.
35. Как определяется среднее время пребывания заявки в очереди?
36. Как определить среднее время пребывания заявки в системе с ограничением?
37. Как определить вероятность того, что канал занят (степень загрузки канала) в системе с ограничением?
38. Как определяется среднее число занятых каналов для  $n$ - канальной СМО с ограничением?
39. Как определяется среднее время пребывания заявки в очереди в СМО с ограничением?

40. Что называется интенсивностью входного потока требований?
41. Что называется интенсивностью обслуживания многофазной системы?
42. Могут ли быть многофазные системы с ожиданием? Если могут, то как будет выглядеть схема моделирования многофазной системы с ожиданием?
43. Какие ограничения накладываются на численные значения интенсивности входного потока требований и интенсивности обслуживания в многофазной системе при ее моделировании?
44. Общая постановка задачи динамического программирования.
45. Геометрическая и экономическая интерпретация задачи динамического программирования.
46. Принцип оптимальности Р. Беллмана.
47. Запишите функциональное уравнение Беллмана.
48. Классическая задача распределения ресурсов.
49. Неоднородные этапы в распределении ресурсов по  $N$  отраслям.
50. Распределение ресурсов с резервированием.
51. Распределение ресурсов с «вложением доходов».
52. Задача о замене оборудования.
53. Метод динамического программирования в недетерминированном случае.