



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»**

Котласский филиал

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

**«Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»**

Котласский филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

Кафедра естественнонаучных и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ

Директор

О.В. Шергина

«16» июня 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Математические методы исследования операций**

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

Котлас
2022

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

В результате освоения ОПОП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Знать: основные методы математического моделирования; основные методы исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математические модели простейших систем в естествознании и технике
		Уметь: решать задачи линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования
		Владеть: методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач
ПК-1	Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	Знать: методы анализа экспериментальных данных
		Уметь: планировать, подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций
		Владеть: навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические методы исследования операций» является дисциплиной по выбору вариативной части программы Блока 1 и изучается на 2 курсе по заочной форме.

Освоение дисциплины основывается на знаниях студентов, полученных ими в ходе изучения школьных курсов «Математика», а также дисциплин предыдущих курсов: «Математика» и «Информатика».

Для изучения дисциплины студент должен:

– знать математику, информатику;

– уметь пользоваться математическими методами анализа задач в процессе принятия решений, сборе и обработке информации при решении задач.

Дисциплина «Математические методы исследования операций» необходима в качестве предшествующей для дисциплин: «Моделирование электротехнических систем», «Моделирование в технике», «Проектирование электротехнических устройств», «Электропривод в современных технологиях», «Информационные технологии управления эксплуатацией», «Современные технологии технического обслуживания и ремонта», «Электрооборудование береговых объектов водного транспорта».

3. Объем дисциплины в зачетных единицах и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 час.

Вид учебной работы	Форма обучения					
	Очная			Заочная		
	Всего часов	из них в семестре №		Всего часов	из них в семестре №	
		3			4	
Общая трудоемкость дисциплины				108	108	
Контактная работа обучающихся с преподавателем, всего				12	12	
В том числе:						
Лекции				4	4	
Практические занятия				8	8	
Лабораторные работы				-	-	
Тренажерная подготовка				-	-	
Самостоятельная работа, всего				96	96	
В том числе:						
Курсовая работа / проект				-	-	
Расчетно-графическая работа (задание)				-	-	
Контрольная работа				-	-	
Коллоквиум				-	-	
Реферат				-	-	
Другие виды самостоятельной работы				96	96	
Промежуточная аттестация: зачет						

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины	Трудоемкость в часах по формам обучения	
			очная	заочная

1	Введение в исследование операций	Начальные сведения о задачах оптимизации. Постановка и классификация задач. Основные этапы решения задач операционного исчисления. Основные принципы и критерии принятия решений в задачах исследования операций. Целевая функция и ее некоторые свойства. Каноническая форма задачи. Базисные решения.		0,5
2	Задачи линейного программирования	Понятие о задаче ЛП, примеры. Общая постановка задач, её структура и геометрическая интерпретация. Основные теоремы. Графическое решение задачи. Симплекс-метод решения задачи ЛП. Теоремы двойственности		1
3	Транспортные модели	Транспортная задача. Постановка задачи, её структура. Способы построения начального опорного плана. Распределительный метод решения задачи. Метод потенциалов.		1
4	Задачи целочисленного линейного программирования	Постановка задачи целочисленного линейного программирования. Метод "Ветвей и границ", метод отсечений (метод Гомори)		0,5
5	Задачи нелинейного программирования	Постановка задачи нелинейного программирования. Методы решения задач нелинейного программирования: графический, с использованием необходимого и достаточного условий экстремума, метод множителей Лагранжа, с использованием условий Куна-Таккера		0,5
6	Динамическое программирование	Постановка задачи динамического программирования. Принципы ДП. Функциональные уравнения Беллмана. Динамическое программирование: рекуррентные алгоритмы прямой и обратной прогонки. Примеры задач ДП: задача о загрузке, задача планирования рабочей силы, задача замены оборудования, задача инвестирования и способы их решения.		0,5
	Всего			4

4.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание практических занятий	Трудоемкость в часах по формам обучения	
			очная	заочная
1	Задачи линейного программирования	Решение задач линейного программирования графическим		2

		методом и симплекс-методом.		
2	Транспортные модели	Решение транспортных задач: отработка способов построения начального опорного плана. Распределительный метод решения задачи. Метод потенциалов.		2
3	Задачи целочисленного линейного программирования	Решение задач ЦЛ. Метод «Ветвей и границ», метод отсечений (метод Гомори).		2
4	Задачи нелинейного программирования	Решение задач НЛ графическим методом, с использованием необходимого и достаточного условий экстремума, методом множителей Лагранжа, с использованием условий Куна-Таккера		1
5	Динамическое программирование	Решение задач ДП: задача о загрузке, задача планирования рабочей силы, задача замены оборудования, задача инвестирования		1
	Всего			8

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5.1. Самостоятельная работа

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Наименование работы и содержание
1	Закрепление знаний и навыков решения, полученных на предыдущих практических занятиях	Решение задач, которые были запланированы, но не были решены во время аудиторной практической работы
2	Подготовка к новым практическим занятиям	Повторение лекционного материала, подготовка перечня вопросов для обсуждения или разъяснения
3	Подготовка к зачету	Изучение материалов учебников, учебно-методических пособий и конспектов лекций

5.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

№ п/п	Наименование работы, ее вид	Выходные данные	Автор(ы)
1	Подборка задач и упражнений для практических занятий	-	Дмитриева Т.В.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Приведен в обязательном приложении к рабочей программе

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Название	Автор	Вид издания	Место издания, издательство, год издания, кол-во страниц
Основная литература			
Математические методы и модели исследования	Шапкин А.С., Мазаева Н.П.	Учебник	М.:ИТК Дашков и К.,2006
Математическое описание механической системы электропривода	А.В. Саушев	Учебное пособие	СПб.: СПГУВК, 2010 – 137 с.
Дополнительная литература			
1. Прикладные математические методы в радиотехнике. Часть 1. Аналоговые системы	Кологривов В.А.	Учебное пособие	Т.: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 159— с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13963.html
2. Прикладные математические методы в радиотехнике. Часть 2. Дискретные и цифровые системы	Кологривов В.А.	Учебное пособие	Т.: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. 195— с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13964.html

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

№ п/п	Наименование информационного ресурса	Ссылка на информационный ресурс
1	Электротехнический портал для студентов ВУЗов и инженеров	http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/
2	Образовательный портал «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»	http://edu.gumrf.ru
3.	Электронная научная библиотека, <u>IPRbooks</u>	https://www.iprbookshop.ru/
4.	Электронная библиотечная система: ЛАНЬ	https://e.lanbook.com

9. Описание материально-технической базы и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Архангельская обл., г.Котлас, ул.Заполярная, д.19 кабинет №154 «Иностранный язык. Математические дисциплины. Общеобразовательные дисциплины»	Доступ в Интернет. Комплект учебной мебели (столы, стулья, доска); переносной проектор Viewsonic PJD5232, переносной ноутбук Dell Latitude 110L; переносной экран, учебно-наглядные пособия	Windows XP Professional (MSDN AA Developer Electronic Fulfillment (Договор №09/2011 от 13.12.2011)); MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint (Лицензия (гос. Контракт № 48-158/2007 от 11.10.2007)); Yandex Браузер (распространяется свободно, лицензия BSD License, правообладатель ООО «ЯНДЕКС»); Adobe Acrobat Reader (распространяется свободно, лицензия ADOBE PCSLA, правообладатель Adobe Systems Inc.).
2	Архангельская обл., г. Котлас, ул. Спортивная, д. 18 Кабинет № 306-а «Технические дисциплины»	Доступ в Интернет. Комплект учебной мебели (столы, стулья, доска); Переносной проектор Viewsonic PJD5232, переносной ноутбук Dell Latitude 110L; переносной экран, учебно-наглядные пособия	Windows XP Professional (MSDN AA Developer Electronic Fulfillment (Договор №09/2011 от 13.12.2011)); MS Office 2007: Word, Excel, PowerPoint (Лицензия (гос. Контракт № 48-158/2007 от 11.10.2007)); Yandex Браузер (распространяется свободно, лицензия BSD License, правообладатель ООО «ЯНДЕКС»); Adobe Acrobat Reader (распространяется свободно, лицензия ADOBE PCSLA, правообладатель Adobe Systems Inc.).

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

10.1. Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям

Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний.

Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета).

В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям (лабораторным работам, семинарам), экзамену/зачету, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

10.2. Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Для подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературы, содержанием рекомендованных Интернет-ресурсов. Необходимо прочитать соответствующие разделы из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы и взаимные связи. При подготовке к занятию не нужно заучивать учебный материал. На практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

10.3. Рекомендации по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает изучение учебной литературы, поиск информации в сети Интернет, подготовку к практическим занятиям, экзамену/зачету, выполнение домашних практических заданий (рефератов, расчетно-графических заданий/работ, курсовых проектор/работ, оформление отчетов по лабораторным работам и практическим заданиям, решение задач, изучение теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, изучение отдельных функций прикладного программного обеспечения и т.д.).

Составитель: к.т.н. Дмитриева Т.В.

Зав. кафедрой: к.с/х н., к.т.н. Шергина О.В.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры
естественнонаучных и технических дисциплин
и утверждена на 2022/2023 учебный год
Протокол № 09 от «16» июня 2022 г.

Зав. кафедрой:  / Шергина О.В./



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»**

Котласский филиал

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

**«Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова»**

Котласский филиал ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»

Кафедра естественнонаучных и технических дисциплин

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине **Математические методы исследования операций**
(Приложение к рабочей программе дисциплины)

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль: Электропривод и автоматика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Котлас
2022

1. Перечень компетенций и этапы их формирования в процессе освоения дисциплины

Рабочей программой дисциплины "Теория массового обслуживания" предусмотрено формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Знать: основные методы математического моделирования; основные методы исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математические модели простейших систем в естествознании и технике
		Уметь: решать задачи линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования
		Владеть: методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач
ПК-1	Способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике	Знать: методы анализа экспериментальных данных
		Уметь: планировать, подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций
		Владеть: навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях

2. Паспорт фонда оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение в исследование операций	31 (ОПК-2)	- Устный опрос
2	Задачи линейного программирования	31, У1, В1 (ОПК-2) 32, У2, В3 (ПК-1)	- Устный опрос, - Тестирование
3	Транспортные модели	31, У1, В1 (ОПК-2) 32, У2, В3 (ПК-1)	- Устный опрос, - Тестирование

4	Задачи целочисленного линейного программирования	31, У1, В1 (ОПК-2) 32, У2, В3 (ПК-1)	- Устный опрос
5	Задачи нелинейного программирования	31, У1, В1 (ОПК-2) 32, У2, В3 (ПК-1)	- Устный опрос
6	Динамическое программирование	31, У1, В1 (ОПК-2) 32, У2, В3 (ПК-1)	- Устный опрос

3. Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Результат обучения по дисциплине	Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания по дисциплине				Процедура оценивания
	2	3	4	5	
	не зачтено	зачтено			
31 (ОПК-2) Знать: основные методы математического моделирования; основные методы исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математические модели простейших систем в естествознании и технике	Отсутствие знаний или фрагментарные представления об основных методах математического моделирования; основных методах исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математических моделях простейших систем в естествознании и технике	Неполные представления об основных методах математического моделирования; основных методах исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математических моделях простейших систем в естествознании и технике	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных методах математического моделирования; основных методах исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математических моделях простейших систем в естествознании и технике	Сформированные систематические представления об основных методах математического моделирования; основных методах исследования операций, а также вопросы реализации соответствующих алгоритмов с помощью ЭВМ; математических моделях простейших систем в естествознании и технике	Контроль но-практическое задание, зачёт
У1 (ОПК-2) Уметь: решать задачи линейного	Отсутствие умений или фрагментарные	В целом удовлетворительные, но не систематизиро	В целом удовлетворительные, но содержащее	Сформированные умения решать задачи	Контроль но-практическое задание,

программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования	умения решать задачи линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования	важные умения решать задачи линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования	отдельные пробелы умения решать задачи линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования	линейного программирования, целочисленного программирования, нелинейного программирования, динамического программирования	зачёт
В1 (ОПК-2) Владеть методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач	Отсутствие владения или фрагментарные владения методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач	В целом удовлетворительные, но не систематизированные владения методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач	В целом удовлетворительные, но содержащее отдельные пробелы владения методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач	Сформированные умения владения методами математического моделирования, методами решения задач исследования операций при решении профессиональных задач	Зачёт
32 (ПК-1) Знать методы анализа экспериментальных данных	Отсутствие знаний или фрагментарные представления о методах анализа экспериментальных данных	Неполные представления о методах анализа экспериментальных данных	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах анализа экспериментальных данных	Сформированные систематические представления о методах анализа экспериментальных данных	Устный вопрос, зачёт
У2 (ПК-1) Уметь планировать, подготавливать	Отсутствие умений или фрагментарные	В целом удовлетворительные, но не систематизированные	В целом удовлетворительные, но содержащее отдельные	Сформированные умения планировать,	Устный вопрос, зачёт

ь и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций	умения планировать, подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций	умения планировать, подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций	пробелы умения планировать, подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций	подготавливать и выполнять экспериментальные исследования, используя математические методы исследования операций	
<i>V2 (ПК-1)</i> <i>Владеть</i> навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях	Отсутствие владения или фрагментарные владения навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях	В целом удовлетворительные, но не систематизированные владения навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях	В целом удовлетворительные, но содержащее отдельные пробелы владения навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях	Сформированные умения владения навыками применения заданной методики при экспериментальных исследованиях	Устный вопрос, зачёт

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

1. Вид текущего контроля: практическая работа

Задания для практических работ представлены в сборнике задач для практических занятий по дисциплине «Математические методы исследования операций» для направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (<http://www.edu.kfgumrf.ru>).

Критерии оценивания:

- полнота и правильность ответа;
- степень осознанности, понимания изученного;
- языковое оформление ответа.

Показатели и шкала оценивания:

Шкала оценивания	Крите
зачтен о	– работа выполнена без ошибок; – свободное владение материалом; – обучающийся дает правильное определение основных понятий
не зачтено	– обучающийся обнаруживает незнание большей части изучаемого материала и допускает большое количество существенных ошибок в формулировках определений; – беспорядочно и неуверенно излагает материал

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Вид промежуточной аттестации: зачёт

Перечень вопросов к зачёту:

1. Графический метод решения ОЗЛП с двумя переменными.
2. Симплекс-метод решения ОЗЛП: введение дополнительных переменных в систему ограничений.
3. Симплекс-метод решения ОЗЛП: преобразование системы уравнений методом полных жордановых исключений;
4. Симплекс-метод решения ОЗЛП: понятие опорного плана.
5. Симплекс-метод решения ОЗЛП: расчетный алгоритм симплекс-метода: формирование симплекс-таблицы.
6. Симплекс-метод решения ОЗЛП: анализ решения по целевой (фиктивной целевой) функции.
7. Постановка транспортной задачи.
8. Транспортная таблица.
9. Сведение открытой транспортной задачи к закрытой.
10. Первоначальный план перевозок: составление первоначального плана перевозок помощью метода северо-западного угла.
11. Первоначальный план перевозок: составление первоначального плана перевозок с помощью метода наименьшей стоимости.
12. Вырожденные планы.
13. Циклы и пополнение плана.
14. Проверка оптимальности плана и перераспределение поставок с помощью метода потенциалов: вычисление потенциалов;
15. Проверка оптимальности плана и перераспределение поставок с помощью метода потенциалов: проверка оптимальности плана;
16. Проверка оптимальности плана и перераспределение поставок с помощью метода потенциалов: перераспределение поставок;

17. Проверка оптимальности плана и перераспределение поставок с помощью метода потенциалов: пример решения типовой транспортной задачи.
18. Графический метод решения задач нелинейного программирования с двумя переменными.
19. Задача нелинейного программирования с n переменными.
20. Целочисленное программирование.
21. Элементы теории графов: основные понятия, определения и термины.
22. Элементы теории графов: задача о построении минимального остовного дерева.
23. Динамическое программирование: общая схема метода динамического программирования.
24. Динамическое программирование: задача о распределении средств.

Контрольно-практическое задание к зачёту

ЗАДАНИЕ 1

Решить задачу линейного программирования графическим способом и с помощью инструмента «Поиск решения» табличного процессора MS Excel. Варианты задания приведены в табл. 1.

Примеры заданий:

Таблица 1

Варианты задания 1

№ п/п	Математическая модель	№ п/п	Математическая модель
1	$L(X) = 4x_1 - 3x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} 5x_1 - 2x_2 \leq 20, \\ x_1 + 2x_2 \geq 10, \\ -7x_1 + 10x_2 \leq 80, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$	2	$L(X) = 2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} 2x_1 - x_2 \geq 6, \\ x_1 + 2x_2 \geq 5, \\ 4x_1 + x_2 \geq 8, \\ -x_1 + 2x_2 \geq 6, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$
3	$L(X) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} -x_1 + 3x_2 \geq 10, \\ x_1 + x_2 \leq 6, \\ x_1 + 4x_2 \geq 3, \\ -x_1 + 4x_2 \leq 2, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$	4	$L(X) = -2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} -3x_1 + 2x_2 \leq 12, \\ x_1 + 2x_2 = 8, \\ x_1 + x_2 \geq 5, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$

№ п/п	Математическая модель	№ п/п	Математическая модель
5	$L(X) = x_1 + 6x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10, \\ 3x_1 - 3x_2 \geq 6, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$	6	$L(X) = -3x_1 - 2x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \geq 3, \\ 2x_1 + 2x_2 \geq 2, \\ x_1 + x_2 \geq 6, \\ -2x_1 + 6x_2 \leq 20, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$
7	$L(X) = x_1 + 6x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10, \\ 3x_1 - 3x_2 \geq 6, \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 6, \\ 3x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$	8	$L(X) = 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \geq 7, \\ 2x_1 + x_2 \geq 8, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 6, \\ -2x_1 + 8x_2 \geq 4, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$
9	$L(X) = 3x_1 + 4x_2 \rightarrow \max (\min)$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \geq 8, \\ 4x_1 + 4x_2 \geq 18, \\ -x_1 + x_2 \leq 1, \\ x_2 = 2, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$	10	$F = x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1 \\ 2x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 - x_2 \geq 0 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
11	$F = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \geq 6 \\ x_1 + 4x_2 \geq 4 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	12	$F = x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ x_1 + 2x_2 \geq 2 \\ 2x_1 - x_2 \leq 10 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
13	$F = 12x_1 + 15x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 6x_1 + 6x_2 \leq 36 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 20 \\ 4x_1 + 8x_2 \leq 40 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	14	$F = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 2 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_1 - 2x_2 \leq 1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$

№ п/п	Математическая модель	№ п/п	Математическая модель
15	$F = x_1 - 3x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 10x_1 + 3x_2 \geq 30 \\ -x_1 + x_2 \leq 3 \\ x_1 - x_2 \leq 4 \\ x_1 + x_2 \geq 0 \end{cases} \quad x_1, x_2 \geq 0$	16	$F = 9x_1 + 25x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 + 5x_2 \geq 15 \\ 2x_1 - 3x_2 \geq 6 \\ -x_1 + 4x_2 \geq 4 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
17	$F = 15x_1 + 6x_2 + 4x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 - x_3 = 9 \\ 5x_1 - 3x_2 + 4x_3 = 25 \end{cases}$ $x_1, x_2, x_3 \geq 0$	18	$F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 \leq 1 \\ x_1 - x_2 \leq -1 \\ 2x_1 + x_2 \geq 1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
19	$F = 4x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \geq -2 \\ 5x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ x_2 \leq 25 \\ x_1 - 2x_2 \leq 2 \\ 2x_1 - x_2 \geq -2 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	20	$F = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} -5x_1 + 4x_2 \leq 20 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 24 \\ x_1 - 3x_2 \leq 3 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
21	$F = 4x_1 + 25x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 31 \\ x_1 + x_2 \leq 12 \\ 2x_1 + x_2 \leq 25 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	22	$F = 20x_1 + 30x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 10x_1 + 20x_2 \leq 100 \\ 20x_1 + 10x_2 \leq 100 \\ 15x_1 + 15x_2 \leq 90 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$

№ п/п	Математическая модель	№ п/п	Математическая модель
23	$F = 3x_1 - x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 10 \\ -x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 - x_2 \leq 3 \\ 3x_1 + 10x_2 \geq 30 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	24	$F = 12x_1 + 15x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 6x_1 + 6x_2 \leq 36 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 20 \\ 4x_1 + 8x_2 \leq 40 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
25	$F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + 2x_2 \leq 4 \\ x_1 \leq 1 \\ -x_1 + x_2 \leq 1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	26	$F = 14x_1 + 10x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 4x_1 + 6x_2 \leq 38 \\ 4x_1 + 2x_2 \leq 26 \\ 6x_2 \leq 30 \\ 6x_1 \leq 36 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
27	$F = 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 5 \\ x_1 + x_2 \leq 4 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	28	$F = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 12 \\ x_1 - x_2 \leq 4 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$
29	$F = 4x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 \leq 6 \\ 2x_1 + x_2 \leq 4 \\ x_1 \leq 1 \\ x_1 - x_2 \geq -1 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$	30	$F = 4x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \geq -2 \\ 5x_1 + 3x_2 \leq 15 \\ x_2 \leq 25 \\ x_1 - 2x_2 \leq 2 \\ 2x_1 - x_2 \geq -2 \end{cases}$ $x_1, x_2 \geq 0$

Решить задачу нелинейного программирования графическим способом и с помощью инструмента «Поиск решения» табличного процессора MS Excel. Варианты задания приведены в табл. 2.

Примеры заданий:

Таблица 2

Варианты задания 2

Вариант 1	Вариант 2
$f = 3x_1^2 + 3x_2^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 9$ $x_1, x_2 \geq 0$	$f = (x_1 - 3)^2 + (x_2 - 5)^2 \rightarrow \min$ $-2x_1 + x_2 = 5$ $x_1, x_2 \geq 0$
Вариант 3	Вариант 4
$f = 2x_1^2 + 2x_2^2 \rightarrow \max$ $3x_1 + 3x_2 = 15$ $x_1, x_2 \geq 0$	$f = 1,5x_1^2 + 1,5x_2^2 \rightarrow \max$ $x_1 + x_2 = 8$ $x_1, x_2 \geq 0$
Вариант 5	Вариант 6
$f = (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 3)^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 4$ $x_1, x_2 \geq 0$	$f = x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 4$ $x_1, x_2 \geq 0$
Вариант 7	Вариант 8
$f = (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 3)^2 \rightarrow \min$ $x_1 - 2x_2 = 5$ $x_1, x_2 \geq 0$	$f = (x_1 - 3)^2 + 2(x_2 - 1)^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 6$ $x_1, x_2 \geq 0$
Вариант 9	Вариант 10
$f = 2(x_1 - 1)^2 + 3(x_2 - 3)^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 6$ $x_1, x_2 \geq 0$	$f = (x_1 - 5)^2 + (x_2 - 4)^2 \rightarrow \min$ $x_1 + x_2 = 11$ $x_1, x_2 \geq 0$

ЗАДАНИЕ 3

Решить задачу транспортную задачу. Варианты задания приведены в табл. 3. Вариант выбирается по последней цифре номера зачетной книжки

(до дробной черты). Обозначения: A_i – запасы груза в i -м пункте отправления; B_j – потребности в грузе в j -м пункте назначения; C_{ij} – тарифы перевозок единицы груза из i -го пункта отправления в j -м пункт назначения. Опорное решение находится методом северо-западного угла. Оптимальное решение – методом потенциалов. Записать экономико-математическую модель и решить задачу с помощью инструмента «Поиск решения» табличного процессора MS Excel.

Примеры заданий:

Таблица 3

Варианты задания 3

Вариант 1	Вариант 2
$A_1=45, A_2=30, A_3=50,$ $B_1=20, B_2=40, B_3=45, B_4=20$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 3 & 5 \\ 3 & 6 & 2 & 0 \\ 1 & 5 & 4 & 7 \end{pmatrix}$	$A_1=200, A_2=300, A_3=100,$ $B_1=100, B_2=60, B_3=100, B_4=100$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 6 & 4 & 4 & 5 \\ 6 & 9 & 5 & 8 \\ 8 & 2 & 10 & 6 \end{pmatrix}$
Вариант 3	Вариант 4
$A_1=60, A_2=70, A_3=50,$ $B_1=40, B_2=30, B_3=20, B_4=50$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 2 & 4 & 5 & 1 \\ 2 & 3 & 9 & 4 \\ 8 & 4 & 2 & 5 \end{pmatrix}$	$A_1=25, A_2=55, A_3=22,$ $B_1=45, B_2=15, B_3=22, B_4=20,$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 9 & 5 & 3 & 10 \\ 6 & 3 & 8 & 2 \\ 3 & 8 & 4 & 7 \end{pmatrix}$
Вариант 5	Вариант 6
$A_1=12, A_2=5, A_3=18,$ $B_1=10, B_2=11, B_3=8, B_4=6$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 10 & 3 & 5 & 7 \\ 5 & 7 & 6 & 4 \\ 1 & 4 & 3 & 7 \end{pmatrix}$	$A_1=110, A_2=190, A_3=90,$ $B_1=80, B_2=60, B_3=170, B_4=80$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 8 & 1 & 9 & 7 \\ 4 & 6 & 2 & 12 \\ 3 & 5 & 8 & 9 \end{pmatrix}$
Вариант 7	Вариант 8
$A_1=46, A_2=34, A_3=40,$ $B_1=40, B_2=35, B_3=30, B_4=45$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 3 & 2 & 7 \\ 1 & 1 & 6 & 4 \\ 3 & 5 & 9 & 4 \end{pmatrix}$	$A_1=100, A_2=150, A_3=50,$ $B_1=75, B_2=80, B_3=60, B_4=85$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 3 & 5 \\ 1 & 2 & 5 & 6 \\ 3 & 10 & 20 & 4 \end{pmatrix}$
Вариант 9	Вариант 10

$A_1=20, A_2=30, A_3=40,$ $B_1=20, B_2=30, B_3=20, B_4=20$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 5 & 3 \\ 2 & 6 & 4 & 7 \\ 5 & 3 & 6 & 4 \end{pmatrix}$	$A_1=40, A_2=30, A_3=30,$ $B_1=20, B_2=25, B_3=30, B_4=25$ $C_{ij} = \begin{pmatrix} 4 & 2 & 5 & 7 \\ 6 & 0 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 2 & 6 \end{pmatrix}$
---	---

ЗАДАНИЕ 4

Решить задачу о назначении венгерским методом с помощью инструмента «Поиск решения» табличного процессора MS Excel по известной матрице эффективностей. Варианты задания приведены в табл. 4.
Примеры заданий:

Таблица 4

Варианты задания 4

Вариант 1	Вариант 2
$C = \begin{pmatrix} 1 & 6 & 5 & 6 & 1 & 2 \\ 6 & 9 & 1 & 3 & 7 & 2 \\ 9 & 9 & 2 & 1 & 4 & 9 \\ 2 & 3 & 2 & 6 & 8 & 2 \\ 9 & 7 & 4 & 7 & 3 & 8 \\ 1 & 3 & 2 & 2 & 5 & 1 \end{pmatrix}$	$C = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 3 & 2 & 6 & 6 \\ 2 & 2 & 1 & 0 & 5 & 4 \\ 1 & 4 & 2 & 3 & 7 & 5 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 3 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 2 & 6 & 4 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix}$
Вариант 3	Вариант 4
$C = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 5 & 6 & 6 & 3 \\ 4 & 3 & 6 & 7 & 8 & 1 \\ 2 & 4 & 4 & 5 & 5 & 1 \\ 4 & 5 & 4 & 6 & 7 & 1 \\ 1 & 4 & 4 & 5 & 6 & 2 \\ 3 & 3 & 4 & 5 & 6 & 1 \end{pmatrix}$	$C = \begin{pmatrix} 3 & 3 & 5 & 4 & 2 & 1 \\ 8 & 2 & 1 & 9 & 3 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 4 & 2 \\ 6 & 3 & 4 & 5 & 2 & 5 \\ 8 & 9 & 6 & 3 & 4 & 3 \\ 2 & 4 & 1 & 6 & 7 & 8 \end{pmatrix}$
Вариант 5	Вариант 6
$C = \begin{pmatrix} 3 & 7 & 8 & 9 & 2 & 5 \\ 4 & 4 & 3 & 1 & 9 & 4 \\ 5 & 3 & 9 & 2 & 1 & 1 \\ 7 & 5 & 4 & 8 & 9 & 3 \\ 5 & 6 & 3 & 8 & 8 & 7 \\ 4 & 3 & 9 & 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}$	$C = \begin{pmatrix} 6 & 1 & 7 & 4 & 2 & 8 \\ 4 & 5 & 2 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 6 & 4 & 9 & 8 & 3 \\ 9 & 1 & 3 & 2 & 8 & 2 \\ 5 & 4 & 2 & 3 & 6 & 5 \\ 1 & 3 & 4 & 2 & 1 & 2 \end{pmatrix}$
Вариант 7	Вариант 8
$C = \begin{pmatrix} 6 & 3 & 4 & 5 & 2 & 5 \\ 1 & 2 & 3 & 1 & 4 & 2 \\ 3 & 3 & 5 & 4 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 1 & 6 & 7 & 8 \\ 8 & 9 & 6 & 3 & 4 & 3 \\ 8 & 2 & 1 & 9 & 3 & 2 \end{pmatrix}$	$C = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 4 & 5 & 6 & 2 \\ 4 & 5 & 4 & 6 & 7 & 1 \\ 3 & 3 & 4 & 5 & 6 & 1 \\ 4 & 3 & 6 & 7 & 8 & 1 \\ 2 & 4 & 4 & 5 & 5 & 1 \\ 2 & 5 & 5 & 6 & 6 & 3 \end{pmatrix}$

Вариант 9	Вариант 10
$C = \begin{pmatrix} 3 & 9 & 9 & 2 & 5 & 1 \\ 4 & 5 & 1 & 6 & 3 & 2 \\ 8 & 4 & 5 & 7 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 7 & 4 \\ 1 & 2 & 4 & 3 & 7 & 1 \\ 7 & 4 & 3 & 8 & 2 & 2 \end{pmatrix}$	$C = \begin{pmatrix} 8 & 6 & 4 & 2 & 1 & 7 \\ 1 & 4 & 3 & 3 & 5 & 2 \\ 3 & 3 & 9 & 8 & 6 & 4 \\ 2 & 9 & 2 & 8 & 1 & 3 \\ 5 & 5 & 3 & 6 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 4 \end{pmatrix}$

ЗАДАНИЕ 5

Решить задачу линейного межотраслевого баланса.

Примеры заданий:

Вариант 1

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	30	30	50	35	60	
2	25	50	40	42	25	
3	30	40	35	50	35	
4	30	50	50	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 2

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	50	30	50	35	60	
2	25	60	40	42	25	
3	25	40	40	50	35	
4	30	50	50	40	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 3

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	30	30	50	35	60	
2	25	50	40	42	40	
3	30	40	35	50	35	
4	30	50	50	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 4

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	30	30	37	35	44	
2	25	45	45	50	25	
3	30	40	35	50	35	
4	20	55	50	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 5

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	25	30	49	35	47	
2	36	43	41	42	25	
3	42	40	32	50	32	
4	30	51	48	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 6

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	21	34	49	35	49	
2	27	55	40	42	25	
3	34	46	37	50	38	
4	38	51	54	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 7

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	33	30	51	35	59	
2	22	47	40	42	23	
3	39	40	38	55	35	
4	30	53	50	35	44	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 8

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	47	57	50	35	66	
2	25	64	40	42	33	
3	30	44	75	50	27	
4	30	34	50	35	40	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 9

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт
	1	2	3	4		
1	33	32	47	35	33	
2	25	55	40	31	42	
3	30	40	44	50	66	
4	31	50	50	22	4	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Вариант 10

Итоговый межотраслевой баланс						
Производящие отрасли	Прямые межотраслевые потоки				Конечный продукт	Валовый продукт

	1	2	3	4	продукт	продукт
1	29	30	38	35	27	
2	25	46	40	42	55	
3	32	40	35	57	34	
4	41	54	46	35	41	
Условно чистая продукция						
Валовый продукт						

Критерии оценивания:

- полнота и правильность ответа;
- степень осознанности, понимания изученного

Показатели и шкала оценивания:

Шкала оценивания	Показатели
5	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся полно излагает материал, дает правильное определение основных понятий; – обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; – излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка
4	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для отметки «5», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого
3	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но: – излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; – не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; – излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого
2	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал