

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
горного дела и транспорта
С.Е. Гавришев
«17» января 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.Б.43 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

Специальность
23.05.04 Эксплуатация железных дорог

Специализация программы
Промышленный транспорт

Уровень высшего образования – специалитет

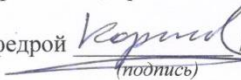
Форма обучения
очная

Институт	Горного дела и транспорта
Кафедра	Логистики и управления транспортными системами
Курс	2
Семестр	4

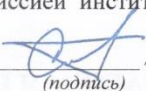
Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 23.05.04 Эксплуатация железных дорог, утвержденном приказом МОиН РФ от 17.10.2016 № 1289.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры логистики и управления транспортными системами «16» января 2017 г., протокол № 6.

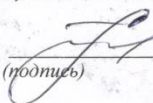
Зав. кафедрой  / С.Н. Корнилов /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института горного дела и транспорта «17» января 2017 г., протокол № 7.

Председатель  / С.Е. Гавришев /
(подпись) (И.О. Фамилия)

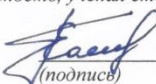
Рабочая программа составлена:

доцент каф. ЛиУТС, к.т.н., доцент ВАК
(должность, ученая степень, ученое звание)

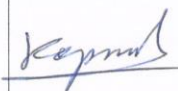

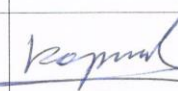
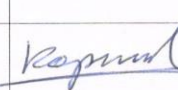
 / А.В. Цыганов /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

ведущий инженер-технолог ПТГ УЛ ОАО «ММК»
(должность, ученая степень, ученое звание)

 / Е.В. Полежаев /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Лист регистрации изменений и дополнений

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	П.8, П.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля); Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	01.09.2017г., протокол №1	
2	П.8, П.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля); Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	06.09.2018г., протокол №1	
3	П.8, П.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля); Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	18.10.2019г., протокол №3	
4	П.8	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	01.09.2020г., протокол №1	

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование систем и процессов» являются развитие у студентов личностных качеств, а также формирование общекультурных и профессиональных компетенций в области логистики для решения теоретических и практических задач по вопросам повышения эффективности функционирования производственных и транспортных систем на основе использования методологического аппарата.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Математическое моделирование систем и процессов» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения, владения, сформированные в результате изучения следующих дисциплин: «Математика», «Информатика», «Общий курс транспорта».

Знания, умения, владения, полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимы при изучении следующих дисциплин: «Информационные технологии на транспорте», «Экономика транспорта», «Управление транспортными системами».

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование систем и процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-10 готовность к использованию методов статистического анализа и современных информационных технологий для эффективного использования техники в транспортно-технологических системах	
Знать	– алгоритмы моделирования транспортных процессов и цепей поставок; – характеристики и взаимосвязи элементов логистических транспортных цепей и звеньев
Уметь	– составлять оптимизационные математические модели логистических и транспортных процессов; – определять параметры логистических транспортных цепей и звеньев
Владеть	– навыком выбора и расчета оптимальных параметров различных транспортных систем; – методами оптимизации функционирования логистических транспортных цепей и звеньев
ПК-28 способность к разработке математических моделей процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	
Знать	– постановку задач математического моделирования; – содержание транспортных задач
Уметь	– формулировать и математически описывать критерии оптимизации транспортных задач; – определять и рассчитывать показатели экономической эффективности и экологической безопасности транспортных процессов
Владеть	– навыком решения оптимизационных транспортных задач математическими методами и с использованием систем поддержки решений;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	– методами математического описания транспортных процессов
ПК-30 готовность к применению математических и статистических методов при сборе и обработке научно-технической информации, подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов, отчетов и библиографий по объектам исследования, готовностью к участию в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, к выступлениям с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований	
Знать	– основы проектирования и организации функционирования транспортной отрасли; – основы управления транспортными процессами и системами
Уметь	– применять математические методы при принятии управленческих решений; – составлять финансово-экономические и организационно-управленческие модели производственных и транспортных процессов
Владеть	– навыком использования методов моделирования и оптимизации производственных и транспортных процессов; – навыком применения математических методов и средств вычислительной техники в различных областях управления, проектирования и организации работы транспорта

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 89,85 акад. часов:
 - аудиторная – 85 акад. часов;
 - внеаудиторная – 4,85 акад. часов
- самостоятельная работа – 54,45 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа.

Раздел/тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1 Раздел «Введение в дисциплину» 1.1 Тема «Понятие математической модели, математического моделирования» 1.2 Тема «Классификация математических методов решения моделей» 1.3 Тема «Виды транспортных задач и методов их решения»	4	5	3/2И		6,05	– изучение учебной и научной литературы; – работа с электронными учебниками; – выполнение контрольной работы; – работа с тестовыми системами	– устный опрос; – консультации; – лабораторные работы; – проверка контрольной работы; – тестирование	<i>ОПК-10-зув ПК-28-зув ПК-30-зув</i>
2 Раздел «Моделирование транспортных процессов и систем» 2.1 Тема «Алгоритм составления математических моделей» 2.2 Тема «Составление и решение дескриптивных моделей» 2.3 Тема «Составление и решение оптимизационных моделей»	4	5	3/2И		6,05			<i>ОПК-10-зув ПК-28-зув ПК-30-зув</i>

Раздел/тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
3 Раздел «Визуализация моделирования транспортных процессов и систем» 3.1 Тема «Графическое представление решения математических моделей» 3.2 Тема «Графоаналитический метод решения дескриптивных моделей» 3.3 Тема «Графоаналитический метод решения оптимизационных моделей»	4	5	4/2И		6,05	– изучение учебной и научной литературы; – работа с электронными учебниками; – выполнение контрольной работы;	– устный опрос; – консультации; – лабораторные работы; – проверка контрольной работы; – тестирование	<i>ОПК-10-зுவ</i> <i>ПК-28-зுவ</i> <i>ПК-30-зுவ</i>
4 Раздел «Универсальные методы моделирования транспортных процессов и систем» 4.1 Тема «Симплексный метод решения задач линейного программирования» 4.2 Тема «Составление и расчёт симплексных таблиц» 4.3 Тема «Симплексный метод с искусственным базисом»	4	6	4/3И		6,05	– работа с тестовыми системами		<i>ОПК-10-зுவ</i> <i>ПК-28-зுவ</i> <i>ПК-30-зுவ</i>
5 Раздел «Распределительные транспортные задачи» 5.1 Тема «Постановка транспортной задачи линейного программирования» 5.2 Тема «Метод потенциалов» 5.3 Тема «Алгоритм решения транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов»	4	6	4/3И		6,05			<i>ОПК-10-зுவ</i> <i>ПК-28-зுவ</i> <i>ПК-30-зுவ</i>

Раздел/тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
6 Раздел «Транспортные сети» 6.1 Тема «Транспортная сеть, ее элементы и параметры» 6.2 Тема «Понятия теории транспортных сетей, таблицы маршрутов и оптимальных путей» 6.3 Тема «Алгоритм построения и использования таблицы оптимальных путей транспортной сети»	4	6	4/3И		6,05	– изучение учебной и научной литературы; – работа с электронными учебниками; – выполнение контрольной работы; – работа с тестовыми системами	– устный опрос; – консультации; – лабораторные работы; – проверка контрольной работы; – тестирование	<i>ОПК-10-зув</i> <i>ПК-28-зув</i> <i>ПК-30-зув</i>
7 Раздел «Сетевые транспортные задачи» 7.1 Тема «Транспортная задача линейного программирования в сетевой постановке» 7.2 Тема «Метод сокращения невязки» 7.3 Тема «Алгоритм решения транспортной задачи в сетевой постановке методом сокращения невязки»	4	6	4/3И		6,05			<i>ОПК-10-зув</i> <i>ПК-28-зув</i> <i>ПК-30-зув</i>
8 Раздел «Комбинаторные методы оптимизации» 8.1 Тема «Постановка «задачи коммивояжера»» 8.2 Тема «Метод ветвей и границ» 8.3 Тема «Алгоритм решения «задачи коммивояжера» методом ветвей и границ»	4	6	4/3И		6,05			<i>ОПК-10-зув</i> <i>ПК-28-зув</i> <i>ПК-30-зув</i>
9 Раздел «Сетевое планирование» 9.1 Тема «Область применения методов сетевого планирования и управления» 9.2 Тема «Основные понятия сетевого планирования и управления» 9.3 Тема «Алгоритм построения сетевой модели транспортного процесса»	4	6	4/3И		6,05			<i>ОПК-10-зув</i> <i>ПК-28-зув</i> <i>ПК-30-зув</i>
Итого по дисциплине		51	34/24И		54,45		Экзамен	

5 Образовательные и информационные технологии

Образовательные и информационные технологии, используемые при освоении дисциплины (модуля) «Математическое моделирование систем и процессов» являются:

1. Традиционные образовательные технологии – организация образовательного процесса, предполагающая прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения).

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

2. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Учебно-методическое и информационное обеспечение для изучения учебной и научной литературы и работы с электронными учебниками приведено в разделе 8.

Контрольная работа на тему «Моделирование транспортных процессов и систем» выполняется студентами для углубления теоретических знаний по дисциплине и приобретения практических навыков математического моделирования транспортных процессов и систем. Контрольная работа содержит 9 практических заданий, выполняемых студентами самостоятельно по вариантам. Данные задания предусматривают рассмотрение основных математических методов, используемых при моделировании транспортных процессов и систем.

Задание № 1. Дескриптивная математическая модель.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Условие задачи.
2. Математическую модель, построенную по условию задачи, в данном задании математическая модель – система линейных уравнений.
3. Распечатку результата решения математической модели на компьютере.
4. Интерпретацию полученных результатов, т.е. описание физического смысла полученных результатов.

Задание № 2. Оптимизационная математическая модель.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Условие задачи.
2. Математическую модель, содержащую целевую функцию и систему ограничений, а также комментарий относительно физического смысла целевой функции.
3. Распечатку результата решения математической модели на компьютере.
4. Оптимальные значения переменных и целевой функции с указанием соответствующих размерностей.

Задание № 3. Графоаналитический метод.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Условие задачи.
2. Все графические построения: область допустимых значений модели; начальное положение прямой – целевой функции; экстремальное положение этой прямой; экстремальную точку.
3. Аналитические расчеты координат точки экстремума.
4. Распечатку результата решения математической модели на компьютере.

Задание № 4. Симплексный метод.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Условие задачи.
2. Симплекс-преобразования, оформленные в виде таблиц.
3. Оптимальные значения переменных и целевой функции.
4. Распечатку результата решения математической модели на компьютере.

Задание № 5. Метод потенциалов.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Исходные данные для решения транспортной задачи.
2. Начальный план перевозок после приведения транспортной задачи к закрытому типу (в матричной форме). расчет стоимости перевозок по начальному плану.
3. Промежуточные (улучшенные планы перевозок) с соответствующими расчетами положительной сдвигки, построениями замкнутого контура перераспределения перевозок и расчетом стоимости перевозок по улучшенному плану.
4. Оптимальный план перевозок и расчет стоимости перевозок по этому плану.
5. Распечатка результата решения ТЗЛП в электронных таблицах Excel.

Задание № 6. Поиск кратчайших расстояний на транспортной сети.

Отчет по заданию должен содержать:

5. Перечень заданных вершин транспортной сети, включая заданную начальную вершину.
6. Схему транспортной сети, содержащую не менее двадцати вершин, и с указанием длин всех дуг сети.
7. Таблицу соответствия названий населенных пунктов или железнодорожных станций номерам вершин построенной транспортной сети.
8. Таблицу оптимальных путей, включающую в себя все промежуточные таблицы.
9. Список конечных вершин транспортной сети.
10. Список кратчайших маршрутов от заданной начальной до всех конечных вершин транспортной сети с указанием промежуточных вершин, входящих в каждый оптимальный маршрут. Для каждого оптимального маршрута необходимо рассчитать оценку, т.е. его длину как сумму длин дуг, входящих в маршрут.

Задание № 7. Метод сокращения невязки.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Перечень заданных вершин транспортной сети с указанием рода груза, объемов производства и потребления.
2. Схемы транспортной сети, каждая из которых иллюстрирует очередной план распределения перевозок. На дугах, загруженных перевозками, должны быть проставлены объемы и стрелками показаны направления перевозок.
3. Схему оптимального плана перевозок и расчет затрат на транспортировку согласно этому плану.

Задание № 8. Метод ветвей и границ.

Отчет по заданию должен содержать:

5. Схему транспортной сети с нанесенными буквенными обозначениями вершин и длинами дуг.
6. Исходную и приведенную матрицы расстояний.
7. Дерево вариантов решения "задачи коммивояжера", содержащее все возможные альтернативные варианты обхода транспортной сети.
8. Перечень вершин, образующих маршрут движения коммивояжера и значение длины (оценки) маршрута.

Задание № 9. Метод сетевого планирования.

Отчет по заданию должен содержать:

1. Заданный (или построенный) сетевой график работ, содержащий только номера работ и их продолжительность. Если в задании длительность какой-либо из работ не задана, а на общей схеме эта работа показана, то на расчетном сетевом графике эту работу показывать не следует.
2. Сетевой график, на котором проставлены все параметры работ и нанесен критический путь.
3. Таблицу с результатами расчетов срока наступления событий.
4. Таблицу с расчетами продолжительности путей сетевого графика и критического пути.
5. Рекомендации по сокращению критического пути.

Тестирование проводится в компьютерном классе и представлено вопросами и сформулированными на них вариантами ответов. При ответе на вопрос необходимо выбрать один вариант ответа. Оценка правильности ответов будет представлена по окончании теста. Количество попыток прохождения теста – однократно.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-10 готовность к использованию методов статистического анализа и современных информационных технологий для эффективного использования техники в транспортно-технологических системах		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – алгоритмы моделирования транспортных процессов и цепей поставок; – характеристики и взаимосвязи элементов логистических транспортных цепей и звеньев 	<p>Примерные теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие модели транспортного процесса. 2. Сущность и цели моделирования транспортных процессов. 3. Этапы процесса моделирования транспортного процесса. 4. Классификация математических моделей. 5. Виды математических моделей. 6. Структура математической оптимизационной модели. 7. Особенности линейных оптимизационных моделей и методов их решения. 8. Понятие дескриптивной линейной математической модели. 9. Методы решения линейных дескриптивных математических моделей. 10. Сущность методов оптимизации линейных моделей. 11. Порядок построения и решения линейной оптимизационной математической модели. 12. Область применения графоаналитического метода. 13. Алгоритм решения графоаналитическим методом линейных оптимизационных моделей.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – составлять оптимизационные математические модели логистических и транспортных процессов; – определять параметры логистических транспортных цепей и звеньев 	<p>Примерные практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Составьте дескриптивную математическую модель и найдите допустимое решение в Excel «Поиск решения»

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																										
		<p data-bbox="696 349 2024 504">Участок слесарного отделения локомотивного депо выпускает два вида запасных частей, причем суточный план определен в 60 единиц втулок и 80 единиц вкладышей. Суточные ресурсы следующие: 600 станко-часов производственного оборудования, 300 т сырья, 420 чел-часов трудовых ресурсов, 450 кВт/ч электроэнергии. Расход ресурсов на производство единицы готовых изделий представлен в таблице. Требуется рассчитать план производства втулок и вкладышей.</p> <table border="1" data-bbox="907 536 1805 671"> <thead> <tr> <th>Изделие</th> <th>Оборудование, ст.-ч</th> <th>Сырье, т</th> <th>Трудозатраты, чел./ч</th> <th>Электроэнергия, кВт/ч</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Втулка</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Вкладыш</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="696 722 2163 791">2. Составьте оптимизационную математическую модель и найдите оптимальное решение в Excel «Поиск решения»</p> <p data-bbox="696 794 2002 983">Автотранспортное предприятие (АТП) получило заявки на перевозку двух видов грузов – щебня и грунта. АТП располагает запасом шин и смазочных материалов на сумму соответственно 72 и 56 тыс. руб. В таблице приведены затраты каждого вида ресурсов на выполнение одной заявки. Определить оптимальное количество выполненных заявок по каждому виду груза, если известно, что от выполнения одной заявки по перевозке щебня АТП получает доход в размере 440 руб., а при удовлетворении одной заявки на перевозку грунта – 280 руб.</p> <table border="1" data-bbox="889 1015 1800 1153"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Груз</th> <th colspan="2">Затраты материалов, руб.</th> </tr> <tr> <th>Шины</th> <th>Смазочные материалы</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Щебень</td> <td>0,18</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>Грунт</td> <td>0,09</td> <td>0,28</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="696 1166 1906 1198">3. Найдите оптимальное решение математической модели графоаналитическим методом</p> $Z = x_1 - x_2 \rightarrow \min,$ $\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 12; \\ 3x_1 - x_2 \geq 6; \\ 3x_1 + 4x_2 \geq 0. \end{cases}$	Изделие	Оборудование, ст.-ч	Сырье, т	Трудозатраты, чел./ч	Электроэнергия, кВт/ч	Втулка	4	2	2	3	Вкладыш	3	1	3	2	Груз	Затраты материалов, руб.		Шины	Смазочные материалы	Щебень	0,18	0,08	Грунт	0,09	0,28
Изделие	Оборудование, ст.-ч	Сырье, т	Трудозатраты, чел./ч	Электроэнергия, кВт/ч																								
Втулка	4	2	2	3																								
Вкладыш	3	1	3	2																								
Груз	Затраты материалов, руб.																											
	Шины	Смазочные материалы																										
Щебень	0,18	0,08																										
Грунт	0,09	0,28																										

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<p>– навыком выбора и расчета оптимальных параметров различных транспортных систем;</p> <p>– методами оптимизации функционирования логистических транспортных цепей и звеньев</p>	<p>Примерные тестовые вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что является критерием эффективности транспортного процесса: <ol style="list-style-type: none"> 1) отношение затрат ресурсов к величине прибыли, получаемой при выполнении перевозок; 2) величина прибыли от перевозок грузов или пассажиров; 3) отношение прибыли от перевозок к сумме затрат ресурсов, необходимых для осуществления перевозок; 4) сумма затрат ресурсов, необходимых для осуществления перевозок? 2. Что такое математическая оптимизационная модель транспортного процесса: <ol style="list-style-type: none"> 1) совокупность целевой функции, описывающей критерий оптимальности транспортного процесса, и системы ограничений, накладываемых на переменные целевой функции; 2) система уравнений, описывающая взаимосвязи между величинами расхода различных ресурсов, расходуемых при осуществлении транспортного процесса; 3) множество значений, определяющих величины расхода ресурса каждого вида? 3. К какой категории моделей относится модель, описывающая процесс, в котором при увеличении расхода одного из ресурсов расход других уменьшается по гиперболической зависимости: <ol style="list-style-type: none"> 1) к категории динамических моделей; 2) к категории специальных моделей; 3) к категории нелинейных моделей; 4) к категории вероятностных моделей? 4. Какие методы оптимизации могут применяться для решения линейной статической детерминированной оптимизационной модели: <ol style="list-style-type: none"> 1) комбинаторные методы и методы динамического программирования; 2) метод потенциалов и методы нелинейного программирования; 3) методы нелинейного программирования и комбинаторные методы; 4) методы линейного программирования, комбинаторные и специальные методы? 5. Каким образом задача линейного программирования приводится к канонической форме, если система ограничений задачи задана системой неравенств вида \leq (меньше или равно): <ol style="list-style-type: none"> 1) путем введения в левую часть каждого неравенства искусственных переменных; 2) путем введения в левую часть каждого неравенства дополнительных переменных; 3) путем введения в левую часть каждого неравенства искусственных и дополнительных переменных; 4) путем введения в правую часть каждого неравенства искусственных переменных? 6. Как изменяются свободные члены уравнений системы ограничений прямой задачи линейного программирования в процессе ее преобразования в двойственную задачу: <ol style="list-style-type: none"> 1) становятся коэффициентами при неизвестных в системе ограничений двойственной задачи; 2) остаются свободными членами уравнений в системе ограничений прямой задачи; 3) становятся коэффициентами при неизвестных в целевой функции обратной задачи;

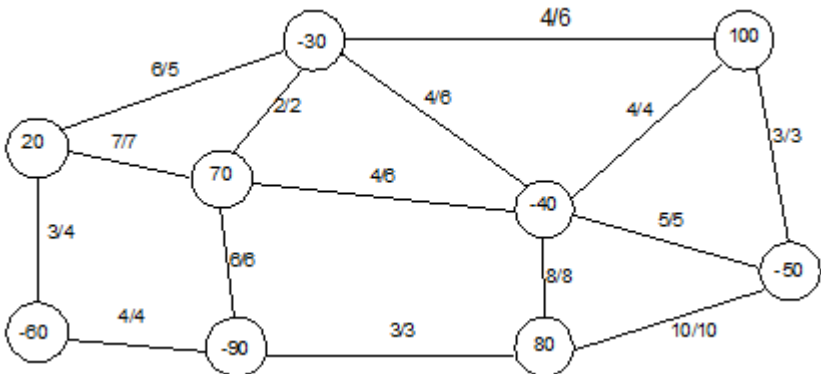
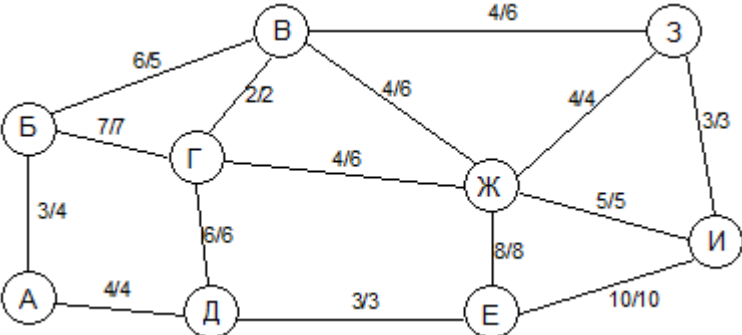
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4) становятся свободными членами уравнений в системе ограничений обратной задачи?</p> <p>7. Что представляет из себя многогранник решений в задаче линейного программирования с двумя неизвестными:</p> <p>1) область, образованную пересечением прямых, изображающих уравнения системы ограничений;</p> <p>2) область, образованную пересечением прямых, изображающих уравнения системы ограничений, и прямой, изображающей целевую функцию;</p> <p>3) область, образованную пересечением прямой, изображающей целевую функцию, и осей координат;</p> <p>4) область, образованную пересечением прямых, изображающих целевые функции?</p>
ПК-28 способность к разработке математических моделей процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований		
Знать	<p>– постановку задач математического моделирования;</p> <p>– содержание транспортных задач</p>	<p>Примерные теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сущность симплексного метода. 2. Алгоритм решения симплексным методом линейных оптимизационных моделей. 3. Понятие базиса. 4. Сущность симплексного метода с искусственным базисом. 5. Особенности алгоритма использования симплексного метода с искусственным базисом. 6. Порядок добавления в математическую модель искусственного базиса. 7. Общая характеристика линейных оптимизационных моделей специального типа. 8. Постановка статической транспортной задачи линейного программирования. 9. Методы составления базового плана перевозок. 10. Алгоритм решения статической транспортной задачи линейного программирования в матричной постановке методом потенциалов. 11. Сущность метода потенциалов. 12. Понятие транспортной сети, маршрута и оптимального (кратчайшего) маршрута на транспортной сети. 13. Алгоритм построения таблицы оптимальных путей.
Уметь	<p>– формулировать и математически описывать критерии оптимизации транспортных задач;</p> <p>– определять и рассчитывать показатели экономи-</p>	<p>Примерные практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Найдите оптимальное решение математической модели симплексным методом

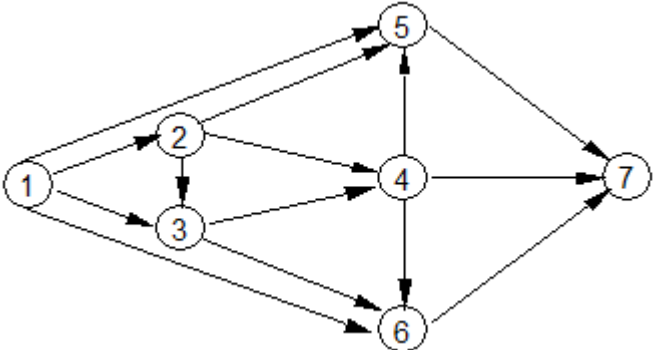
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																																																																																						
	<p>ческой эффективности и экологической безопасности транспортных процессов</p>	<p> $Z = 2x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 \rightarrow \max,$ $\begin{cases} 3x_1 - x_3 - x_4 \leq 6; \\ x_2 - x_3 + x_4 \leq 2; \\ -x_1 + x_2 + x_3 \leq 5. \end{cases}$ </p> <p>2. Найдите оптимальное решение транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов</p> <table border="1" data-bbox="689 619 1189 775"> <tr> <td>C_{ij}</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>29</td> </tr> <tr> <td></td> <td>7</td> <td>14</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td></td> <td>8</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>11</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td></td> <td>14</td> <td>9</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="1249 619 2018 903"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">объем перевозок от поставщика к потребителю</th> <th></th> </tr> <tr> <th>производитель</th> <th>B1</th> <th>B2</th> <th>B3</th> <th>B4</th> <th>B5</th> <th>всего</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A1</td> <td>123</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>123</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>147</td> <td>0</td> <td>147</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>0</td> <td>108</td> <td>45</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>153</td> </tr> <tr> <td>A4</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>101</td> <td>0</td> <td>81</td> <td>182</td> </tr> <tr> <td>A5</td> <td>2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>11</td> <td>27</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>всего</td> <td>125</td> <td>108</td> <td>146</td> <td>158</td> <td>108</td> <td>645</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. Определите кратчайшие расстояния от заданной начальной вершины транспортной сети до всех остальных вершин</p>	C_{ij}	5	15	10	10	29		7	14	7	6	11		8	2	4	11	7		14	9	4	7	4		1	1	1	1	1		объем перевозок от поставщика к потребителю						производитель	B1	B2	B3	B4	B5	всего	A1	123	0	0	0	0	123	A2	0	0	0	147	0	147	A3	0	108	45	0	0	153	A4	0	0	101	0	81	182	A5	2	0	0	11	27	40	всего	125	108	146	158	108	645
C_{ij}	5	15	10	10	29																																																																																			
	7	14	7	6	11																																																																																			
	8	2	4	11	7																																																																																			
	14	9	4	7	4																																																																																			
	1	1	1	1	1																																																																																			
	объем перевозок от поставщика к потребителю																																																																																							
производитель	B1	B2	B3	B4	B5	всего																																																																																		
A1	123	0	0	0	0	123																																																																																		
A2	0	0	0	147	0	147																																																																																		
A3	0	108	45	0	0	153																																																																																		
A4	0	0	101	0	81	182																																																																																		
A5	2	0	0	11	27	40																																																																																		
всего	125	108	146	158	108	645																																																																																		

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<p>– навыком решения оптимизационных транспортных задач математическими методами и с использованием систем поддержки решений;</p> <p>– методами математического описания транспортных процессов</p>	<p>Примерные тестовые вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> В чем заключается идея симплексного метода: <ol style="list-style-type: none"> в направленном переборе базисных решений системы уравнений с целью поиска единственного решения, при котором достигается экстремум целевой функции; в поиске решения системы уравнений задачи линейного программирования; в определении базисных переменных; в определении разрешающих строки и столбца симплексной таблицы? Какие значения будут иметь элементы индексной строки последней симплексной таблицы, содержащей решение задачи линейного программирования на минимум: <ol style="list-style-type: none"> положительные или нулевые; отрицательные или нулевые; только нулевые; только положительные? В каком случае задачу линейного программирования необходимо решать симплексным методом с искусственным базисом: <ol style="list-style-type: none"> если система ограничений содержит уравнения и (или) неравенства вида \geq; если система ограничений содержит неравенства вида \leq;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3) если в целевой функции отсутствуют переменные с коэффициентом +1; 4) если в целевой функции отсутствуют переменные с коэффициентом -1?</p> <p>4. Выберите правильную последовательность действий в процессе математического моделирования транспортного процесса:</p> <p>1) выбор метода оптимизации, выбор целевой функции, определение ограничений; применение модели; 2) выбор переменных модели, определение ограничений модели, выбор критерия эффективности, формулировка целевой функции, упрощение модели, выбор метода оптимизации, верификация модели; применение модели; 3) формулировка целевой функции, применение модели, верификация модели, оценка эффективности модели, определение ограничений модели, упрощение модели; 4) формулировка целевой функции, применение модели, оценка эффективности модели, упрощение модели, определение ограничений модели, верификация модели.</p> <p>5. Какой критерий оптимальности описывает целевая функция в задаче распределения ресурсов:</p> <p>1) минимум затрат ресурсов на изготовление продукции; 2) максимум прибыли от реализации готовой продукции; 3) минимум расхода ресурсов на изготовление единицы продукции; 4) минимум запасов ресурсов?</p> <p>6. Какие условия входят в состав ограничений транспортной задачи линейного программирования:</p> <p>1) условие минимума затрат на перевозки груза; 2) условие вывоза продукции в полном объеме от поставщиков и удовлетворение спроса потребителей, условие равенства объемов спроса и предложения, условие неотрицательности объемов перевозок; 3) условие превышения объемов спроса над объемами предложения, условие минимума затрат на перевозки, условие неотрицательности объемов перевозок; 4) только условие неотрицательности объемов перевозок?</p> <p>7. Как рассчитываются потенциалы потребителей груза при решении транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов:</p> <p>1) как разность между потенциалом поставщика и стоимости перевозки единицы груза между поставщиком и потребителем; 2) как сумма потенциала поставщика и стоимости перевозки единицы груза между поставщиком и потребителем; 3) как произведение потенциала поставщика и стоимости перевозки единицы груза между поставщиком и потребителем; 4) как частное потенциала поставщика и стоимости перевозки единицы груза между поставщиком и потребителем?</p> <p>8. Для чего применяется метод «северо-западного угла»:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>1) для расчета потенциалов при решении транспортной задачи линейного программирования;</p> <p>2) для построения начального (базисного) плана перевозок в транспортной задаче линейного программирования;</p> <p>3) для расчета затрат на перевозки при решении транспортной задачи линейного программирования;</p> <p>4) для решения транспортной задачи линейного программирования в матричной постановке?</p> <p>9. Что обозначается при помощи потенциалов дуг транспортной сети:</p> <p>1) длины дуг или затраты на перевозку единицы груза по дугам;</p> <p>2) суммы потенциалов предшествующих дуг, входящих в состав оптимального маршрута;</p> <p>3) объемы перевозимого груза по дуге;</p> <p>4) длина маршрута от начальной вершины транспортной сети до данной дуги?</p> <p>10. Что описывает таблица оптимальных путей:</p> <p>1) все оптимальные пути от одной или нескольких начальных вершин до всех остальных вершин транспортной сети;</p> <p>2) один оптимальный маршрут между двумя любыми вершинами транспортной сети;</p> <p>3) несколько оптимальных маршрутов между заданными начальными и конечными вершинами транспортной сети;</p> <p>4) все оптимальные пути от одной начальной вершины до всех остальных вершин транспортной сети?</p>
<p>ПК-30 готовность к применению математических и статистических методов при сборе и обработке научно-технической информации, подготовке обзоров, аннотаций, составлении рефератов, отчетов и библиографий по объектам исследования, готовностью к участию в научных дискуссиях и процедурах защиты научных работ различного уровня, к выступлениям с докладами и сообщениями по тематике проводимых исследований</p>		
Знать	<p>– основы проектирования и организации функционирования транспортной отрасли;</p> <p>– основы управления транспортными процессами и системами</p>	<p>Примерные теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование таблицы оптимальных путей для решения транспортных задач в сетевой постановке. 2. Постановка транспортной задачи в сетевой форме. 3. Решение транспортной задачи методом сокращения невязки. 4. Учет ограничений пропускной способности. 5. Идея метода ветвей и границ. Задача с дополнительными ограничениями. 6. Сетевое планирование и управление. 7. Область применения методов сетевого планирования и управления. 8. Элементы сетевого графика. Расчет параметров сетевого графика. 9. Понятие критического пути. Методы поиска и устранения критических путей. 10. Перспективные направления практического использования математических моделей и методов при

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		планировании и управлении на транспорте.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять математические методы при принятии управленческих решений; – составлять финансово-экономические и организационно-управленческие модели производственных и транспортных процессов 	<p>Примерные практические задания:</p> <p>1. Решите транспортную задачу в сетевой постановке методом сокращения невязки и рассчитайте экономическую эффективность</p>  <p>2. Составьте маршрут обхода транспортной сети, используя метод ветвей и границ</p>  <p>3. Определить параметры графика работ, рассчитать критический путь и сформулировать предложения по распределению ресурсов между работами используя метод сетевого планирования</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <pre> graph LR 1((1)) --> 2((2)) 1((1)) --> 3((3)) 1((1)) --> 4((4)) 1((1)) --> 6((6)) 2((2)) --> 5((5)) 2((2)) --> 4((4)) 3((3)) --> 4((4)) 3((3)) --> 6((6)) 4((4)) --> 5((5)) 4((4)) --> 7((7)) 5((5)) --> 7((7)) 6((6)) --> 7((7)) </pre>
Владеть	<p>– навыком использования методов моделирования и оптимизации производственных и транспортных процессов;</p> <p>– навыком применения математических методов и средств вычислительной техники в различных областях управления, проектирования и организации работы транспорта</p>	<p>Примерные тестовые вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> Какие дополнительные ограничения позволяет учесть сетевая постановка транспортной задачи линейного программирования: <ol style="list-style-type: none"> ограничения, накладываемые структурой транспортной сети и ограничения на пропускную способность ее дуг; ограничения на пропускную способность вершин транспортной сети; ограничения на стоимость хранения грузов в вершинах транспортной сети; ограничения на неотрицательность объемов перевозок? Чему будет равна величина невязки в оптимальном плане перевозок, построенном в результате решения транспортной задачи в сетевой постановке: <ol style="list-style-type: none"> максимальному объему перевозок; нулю; минус единице; единице? Что такое план формирования поездов: <ol style="list-style-type: none"> план организации вагонопотоков в поезда и одновременно план распределения объема работы между железнодорожными станциями по формированию, расформированию и пропуску поездов транзитом с учетом затрат на эти работы; план перевозок грузов по сети железных дорог; совокупность оптимальных маршрутов движения поездов по сети железных дорог; план осуществления сортировочных операций на технической железнодорожной станции? Какое условие является достаточным для выделения струи вагонопотока в самостоятельное назначение:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>1) затраты на накопление вагонопотока должны быть больше затрат на его переработку на промежуточных станциях;</p> <p>2) затраты на накопление вагонопотока должны быть равны затратам на его переработку на промежуточных станциях;</p> <p>3) затраты на накопление вагонопотока должны быть не больше затрат на его переработку на промежуточных станциях;</p> <p>4) затраты на накопление вагонопотока должны быть меньше затрат на его переработку на промежуточных станциях?</p> <p>5. Что является результатом решения «задачи коммивояжера»:</p> <p>1) кратчайший или наиболее дешевый маршрут обхода всех вершин транспортной сети;</p> <p>2) кратчайшее расстояние между двумя заданными вершинами транспортной сети;</p> <p>3) оптимальный план перевозок;</p> <p>4) совокупность оптимальных маршрутов на транспортной сети?</p> <p>6. За счет чего достигается сокращение количества итераций в процессе решения оптимизационных задач методом «ветвей и границ»:</p> <p>1) за счет уменьшения размерности задачи;</p> <p>2) за счет исключения в процессе решения заведомо неоптимальных вариантов;</p> <p>3) за счет изменения ограничений в процессе решения задачи;</p> <p>4) за счет сокращения числа вершин и дуг транспортной сети?</p> <p>7. Каким образом при решении «задачи коммивояжера» методом «ветвей и границ» обеспечивается соблюдение условия однократного посещения коммивояжером вершин транспортной сети:</p> <p>1) исключением из рассмотрения дуг транспортной сети, противоположных дугам, включенным в маршрут движения коммивояжера;</p> <p>2) введением в транспортную сеть дополнительных дуг;</p> <p>3) путем изменения оценок дуг транспортной сети;</p> <p>4) удалением из транспортной сети вершин?</p> <p>8. Для решения каких задач применяют методы сетевого планирования и управления:</p> <p>1) для выявления и рационального использования резервов транспортного или производственного процесса;</p> <p>2) для поиска кратчайших расстояний на транспортной сети;</p> <p>3) для построения сетевого плана-графика;</p> <p>4) для планирования последовательности выполнения операций технологического процесса?</p> <p>9. Что такое «критический путь» сетевого плана-графика:</p> <p>1) кратчайший маршрут обхода всех вершин транспортной сети;</p> <p>2) кратчайшее расстояние между двумя заданными вершинами транспортной сети;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3) <i>последовательность работ, имеющая наибольшую продолжительность по сравнению с любой другой последовательностью работ сетевого плана-графика;</i></p> <p>4) <i>последовательность работ, имеющая наименьшую продолжительность по сравнению с любой другой последовательностью работ сетевого плана-графика?</i></p> <p>10. Каким образом осуществляется сокращение критического пути в сетевом планировании и управлении:</p> <p>1) <i>путем перераспределения ресурсов между работами сетевого графика и сокращения продолжительности выполнения работ критического пути;</i></p> <p>2) <i>путем отказа от выполнения работ, находящихся на критическом пути;</i></p> <p>3) <i>путем увеличения продолжительности выполнения работ критического пути;</i></p> <p>4) <i>путем выполнения только тех работ, которые не находятся на критическом пути?</i></p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Математическое моделирование систем и процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические и комплексные задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Колемаев, В. А. Математические методы и модели исследования операций : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 «Математические методы в экономике» и другим экономическим специальностям / В. А. Колемаев ; под ред. В. А. Колемаева. - Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 592 с. - ISBN 978-5-238-01325-1. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/391871>.

2. Основы организации и управления транспортными системами : учебное пособие / [С. Н. Корнилов, А. Н. Рахмангулов, Н. А. Осинцев и др.] ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2856.pdf&show=dcatalogues/1/1133640/2856.pdf&view=true>. - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература:

1. Северцев, Н. А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности : учебное пособие для вузов / Н. А. Северцев, А. Н. Катулев ; под редакцией П. С. Краснощекова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07581-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/454393>.

2. Трофимова, В. Ш. Исследование операций : методы и модели сетевого планирования и управления : учебное пособие / В. Ш. Трофимова ; МГТУ, каф. ММвЭ. - Магнитогорск, 2009. - 107 с. : ил., граф., табл. - URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=256.pdf&show=dcatalogues/1/1060521/256.pdf&view=true>. - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

3. Черников, Ю.Г. Системный анализ и исследование операций : учебное пособие / Ю.Г. Черников. — Москва : Горная книга, 2006. — 370 с. — ISBN 5-91003-007-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3512>.

4. Современные проблемы транспортного комплекса России [Журнал] / Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова. — ISSN 2222-9396. Режим доступа: <https://transcience.ru>.

в) Методические указания:

1. Методы оптимизации. Задачник : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. В. Токарев, А. В. Соколов, Л. Г. Егорова, П. А. Мышкис. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 292 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-10417-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/429999>.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
	Д-593-16 от 20.05.2016	20.05.2017
MS Office 2007	№135 от 17.09.2007	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018	28.01.2020
	Д-1347-17 от 20.12.2017	21.03.2018
	Д-1481-16 от 25.11.2016	25.12.2017
	Д-2026-15 от 11.12.2015	11.12.2016
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

1. Международная справочная система «Полпред» polpred.com. отрасль «Образование, наука». — URL: <http://education.polpred.com>.

2. Национальная информационно-аналитическая система. — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). — URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp.

3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). — URL: <https://scholar.google.ru>

4. Информационная система. — Единое окно доступа к информационным ресурсам. — URL: <http://window.edu.ru>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации, доска
Учебные аудитории для проведения практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации, доска

Помещения для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий