

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Исследование операций  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 09.03.04 Программная инженерия  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Программная инженерия (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цели: Освоение методологии исследования операций; формирование комплекса знаний, умений и навыков формализации и решения задач выбора и оптимизации, возникающих при проектировании, разработке и эксплуатации информационных и иных систем.

Задачи дисциплины:

- изучение методологии исследования операций с целью применения при проектировании и управлении сложными системами;
- формирование умения применять математические методы в формализации прикладных задач;
- формирование умения выбирать эффективный метод и находить наилучшие решения прикладных задач;
- формирование навыков формализации задач и работы с пакетами прикладных программ математического программирования.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Операции, способы формализации операций;  
математические модели и методы линейного, целочисленного, динамического программирования;  
методы оптимизации на графах;  
пакеты программ математического программирования.

### 1.3. Входные требования

Знание математики на уровне бакалавриата

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает способы описания объектов или операций, методологию исследования операций; принципы построения математических моделей операций и систем; типовые модели операций; современные методы оптимизации и анализа решений;	Знает оценку и согласование сроков выполнения поставленных задач.	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет выделять составляющие проблемы, определяющие факторы и требования; выполнить анализ и формализацию предметной области и объектов проектирования; обосновывать выбор метода решения формализованной задачи; использовать пакеты программ математического программирования для решения реальных задач;	Умеет разрабатывать, изменять и согласовывать архитектуры программного обеспечения с системным аналитиком и архитектором программного обеспечения	Тест
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками разработки математических моделей, применения методов оптимизации и пакетов программ математического программирования, представления результатов решения и их защиты.	Владеет навыками проектирования структур данных, баз данных и программных интерфейсов	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	80	80	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	22	22	
- лабораторные работы (ЛР)	28	28	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	28	28	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	28	28	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Задачи исследования операций	6	6	6	6
Введение в ИО. Методология исследования операций. Виды математических моделей. Классы типовых задач исследования операций.				
Постановка задач линейного программирования	4	8	6	6
Общая постановка задачи ЛП. Примеры практических ситуаций, описываемых моделями ЛП. Игра 2-х лиц с нулевой суммой как задача ЛП. Условия, приводящие к моделям ЛП. Каноническая и стандартная формы задач ЛП. Приведение задач к каноническому виду. Свойства линейных моделей, геометрия задач ЛП.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы линейного программирования	8	8	10	10
Симплекс - метод, прямой, модифицированный и двойственный. Двойственность и параметрирование задач ЛП. Транспортные и сетевые задачи и методы их решения.				
Целочисленное и динамическое программирование	4	6	6	6
Источники целочисленности переменных. Особенности дискретных задач. Характеристика методов решения целочисленных задач. Методы отсечения. Алгоритм Гомори. Комбинаторные методы. Метод ветвей и границ. Понятие о приближенных методах.				
ИТОГО по 6-му семестру	22	28	28	28
ИТОГО по дисциплине	22	28	28	28

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Задача упорядочения
2	Задача размещения
3	Определение параметров управления запасами.
4	Формализация задач линейными и целочисленными моделями
5	Геометрический анализ свойств задач ЛП
6	Освоение симплекс-метода
7	Освоение модифицированного симплекс-метода
8	Проведение анализа на основе двойственности задач ЛП
9	Освоение двойственного симплекс-метода
10	Параметрический анализ задач ЛП
11	Задача о кратчайшем пути
12	Временной анализ сетевого графика проекта.

#### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Знакомство с ППП оптимизации

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
2	Моделирование конфликтной ситуации игрой
3	Оптимизация перевозок методом потенциалов
4	Исследование влияния ограничений пропускных способностей коммуникаций
5	Определение максимального потока в транспортной сети.
6	Реализация метода ветвей и границ для линейной целочисленной задачи
7	Решение задачи коммивояжера
8	Определение стратегии торговой фирмы методом ДП.
9	Оптимизация политики замены оборудования.

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Моделирование и оптимизация транспортных потоков.
2	Оптимальное производственное планирование
3	Оптимальное использование персонала или рабочей силы
4	Построение схемы размещения (объектов, оборудования, элеваторов).
5	Оптимальное использование ресурсов.
6	Управление проектом по времени или стоимости
7	Составление плана эвакуации людей
8	Раскрой рулонного материала
9	Разделение города на избирательные участки
10	Составление расписания занятий
11	Планирование закупок и продаж товаров
12	Управление соединениями телефонной сети
13	Определение стратегии продажи пакетов акций
14	Выбор пакетов программ по функциональности разрабатываемой системы
15	Определение последовательности обработки изделий заданной номенклатуры на одном конвейере
16	Выбор БД в распределенной системе, содержащих требуемую информацию

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие / Е. С. Вентцель. - Москва: КНОРУС, 2013.	1
2	Волков И. К. Исследование операций : учебник для вузов / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко. - Москва: Изд-во МГТУ, 2004.	15
3	Гольдштейн А. Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	115
4	Косоруков О. А. Исследование операций : учебник для вузов / О. А. Косоруков, А. В. Мищенко. - Москва: Экзамен, 2003.	10

5	Таха Х. А. Введение в исследование операций : пер. с англ. / Х. А. Таха. - Москва [и др.]: Вильямс, 2005.	16
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гольдштейн А. Л. Сборник задач, лабораторных и расчетных работ по исследованию операций и теории принятия решений : учебное пособие / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007	112
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Дискретный анализ и исследование операций / Российская академия наук, Сибирское отделение; Институт математики им. С.Л. Соболева.— Новосибирск : Ин-т мат. им. С.Л. Соболева СО РАН	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Гольдштейн А. Л. Исследование операций: Курсовая работа. Методические рекомендации, варианты заданий и примеры : учебно-методическое пособие / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019. - 118 с.	15
2	Гольдштейн А. Л. Моделирование и оптимизация в LINGO : учебное пособие / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2018. - 145 с.	15
3	Гольдштейн А. Л. Оптимизация в LINDO : учебное издание / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2000. - 87 с.	61

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Гольдштейн А. Л. Сборник задач, лабораторных и расчетных работ по исследованию операций и теории принятия решений : учебное пособие / А. Л. Гольдштейн. [Электронный ресурс]	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib6437">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib6437</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Гольдштейн А.Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов. [Электронный ресурс]	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2921">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2921</a>	сеть Интернет; свободный доступ



Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Гольдштейн А. Л. Исследование операций: Курсовая работа. Методические рекомендации, варианты заданий и примеры : учебно-методическое пособие / А. Л. Гольдштейн. [Электронный ресурс]	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib6998">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib6998</a>	сеть Интернет; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Персональный компьютер	30
Лабораторная работа	Персональный компьютер	30
Лекция	Мультимедийное оборудование	1
Практическое занятие	Проектор	1

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры ИТАС  
протокол № \_\_\_ от \_\_ . \_\_ . 20 \_\_  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Р.А. Файзрахманов

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ  
«Исследование операций»**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования –  
программы академического бакалавриата

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

<b>Направление подготовки:</b>	09.03.04 Программная инженерия
<b>Профиль программы бакалавриата:</b>	Разработка программно-информационных систем
<b>Квалификация выпускника:</b>	«Бакалавр»
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Информационные технологии и автоматизированные системы
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 3 Семестр: 6</b>	
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 3Е
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.

**Виды промежуточного контроля:**

Экзамен: 6 семестр

Курсовая работа: 6 семестр

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины **«Исследование операций»** и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;
- рабочей программы дисциплины **«Исследование операций»**, утвержденной «10» ноября 2020 г.

## **1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения**

### **1.1. Формируемые части компетенций**

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина «Исследование операций» участвует в формировании компетенции ПК-1.1. В рамках учебного плана образовательной программы в 6-м семестре на этапе освоения данной учебной дисциплины формируется указанная компетенция.

### **1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра базового учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					Итоговый Экзамен
	Текущий	Рубежный				
	ТТ	ОЛР	РТ	КР		
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать терминологию исследования операций и системного анализа	ТТ					
3.2 знать методологию исследования операций	ТТ		РТ			
3.3 знать принципы построения математических моделей операций и систем				КР		
3.4 знать типовые модели операций			РТ	КР		ТВ
3.5 знать современные методы оптимизации и анализа решений			РТ			ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь выполнить анализ и формализацию предметной области и объектов проектирования					КР	
У.2 уметь обосновать выбор метода решения формализованной задачи					КР	ПЗ
У.3 уметь использовать пакеты программ математического программирования для решения реальных задач					КР	
У.4 уметь грамотно и аргументировано представлять результаты решения задач		ОЛР			КР	
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 владеть навыками анализа и построения математических моделей операций и систем	ТТ	ОЛР			КР	
В.2 владеть навыками применения методов оптимизации в проектировании и разработке систем		ОЛР			КР	КЗ
В.3 владеть навыками работы с пакетами математического программирования		ОЛР			КР	
В.4 владеть навыками проведения анализа и интерпретации оптимальных и приближенных решений.		ОЛР			КР	

*ТТ – текущее тестирование по теме; ОЛР – отчет по лабораторной работе; РТ – рубежное тестирование; КР – рубежная контрольная работа; КР – выполнение курсовой работы; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

### 2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знания компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме тестирования проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **Типовые задания тестирования**

1. В условия Т-задачи каждая переменная входит
  - 1) Только один раз в условия по пунктам отправления (ПО)
  - 2) Только один раз в условия по пунктам назначения (ПН)
  - 3) Только один раз в условия по ПО и один раз в условия по ПН
  - 4) Любое число раз в зависимости от размерности задачи
2. Выпуклая оболочка линейной целочисленной задачи
  - 1) всегда является целочисленным множеством
  - 2) не всегда является целочисленным множеством
  - 3) содержит не все целочисленные решения задачи
  - 4) содержит все решения исходной задачи без условий целочисленности
3. Метод ветвей и границ применим для решения линейных задач
  - 1) Только полностью целочисленных
  - 2) Только частично-целочисленных
  - 3) Только с булевыми переменными
  - 4) Любых целочисленных

## **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ и рубежных тестирований (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

### **2.2.2. Рубежное тестирование**

Согласно РПД запланировано 3 рубежных тестирования (Т) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первое тестирование по модулю 1 «Основы исследования операций», второе тестирование – по модулю 2 «Задачи и методы линейного программирования», третье тестирование – по модулю 3 «Специальные задачи».

### **Типовые задания первого теста:**

1. Исследование операций - это наука о
  - 1) хирургии
  - 2) военных действиях
  - 3) построение моделей различных операций
  - 4) путях повышения эффективности операций в различных областях деятельности
2. Составление расписания выполнения независимых работ это задача
  - 1) сетевого планирования
  - 2) распределения
  - 3) массового обслуживания

- 4) упорядочения
3. В сетевом графике есть 4 пути из начального в завершающее событие с длиной 49, 52, 38 и 40 дней. Длина критического пути равна
- 1) 38                    2) 40                    3) 49                    4) 52

### Типовые задания второго теста:

1. Допустимое множество задачи ЛП – многогранник. Больше всего положительных переменных имеет решение, лежащее

- 1: в вершине  
2: на грани  
3: на ребре  
4: внутри многогранника

2. Признаком оптимальности в симплекс-методе при решении задачи на максимум является

- 1:  $\forall \Delta_j > 0$   
2:  $\forall \Delta_j < 0$   
3:  $\forall \Delta_j \geq 0$   
4:  $\forall \Delta_j \leq 0$

В базисном решении задачи ЛП на максимум все оценки небазисных переменных положительны. Это значит, что задача имеет оптимальных решений

- 1: только одно  
2: только два  
3: множество  
4: ни одного

### Типовые задания третьего теста:

1. Переменная в столбце, добавленном для сбалансирования T-задачи, имеет смысл

- 1) количества груза, перевозимого от поставщика фиктивному потребителю  
2) количества груза, которого не достает потребителям  
3) количества груза, остающегося у поставщика  
4) количества груза, которого не достает поставщику для удовлетворения потребителей

2. Дуга сети  $ij$  с потоком  $x_{ij}$  и пропускной способностью  $d_{ij}$  называется допустимой увеличивающей, если ее направление

- 1: совпадает с направлением потока сети и  $x_{ij} = d_{ij}$   
2: противоположно направлению потока сети и  $x_{ij} = 0$   
3: совпадает с направлением потока сети и  $x_{ij} < d_{ij}$   
4: противоположно направлению потока сети и  $x_{ij} > 0$

1. В алгоритме Литтла путь от корневой вершины к вершине  $(\overline{5}, \overline{6})$  проходит через вершины (2,3) и

(4,7). Оценка вершины  $(\overline{5}, \overline{6})$  характеризует

- 1) длину подмножества маршрутов с запрещенным переходом  $5 \rightarrow 6$   
2) длину подмножества маршрутов с переходами  $5 \rightarrow 6$  и  $4 \rightarrow 7$   
3) длину пути из переходов  $2 \rightarrow 3$ ,  $4 \rightarrow 7$  и  $5 \rightarrow 6$   
4) длину подмножества маршрутов с переходами  $2 \rightarrow 3$  и  $4 \rightarrow 7$  без перехода  $5 \rightarrow 6$

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежного тестирования приведены в общей части ФОС бакалаврской программы.

## 2.3. Курсовая работа

Согласно РПД запланирована 1 курсовая работа. Содержание и типовые темы курсовой работы приведены в РПД.

Защита курсовой работы проводится индивидуально каждым студентом.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС бакалаврской программы и в методическом пособии по курсовой работе.

#### **2.4. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

##### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме по вопросам всего курса. Они включают теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

##### **2.4.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Привести определение оптимального решения.
2. Дать характеристику основных этапов исследования операций.
3. Основные типы задач линейного программирования.
4. Алгоритм симплекс-метода для решения задач линейного программирования.
5. Особенности решения Td-задач.

###### **Типовое задание для контроля усвоенных умений:**

1. Обосновать выбор метода решения транспортной задачи.
2. Показать структуру модели в синтаксисе пакета LINDO.
3. Привести интерпретацию основного отчета LINDO.
4. Построить закрытую модель транспортной задачи.

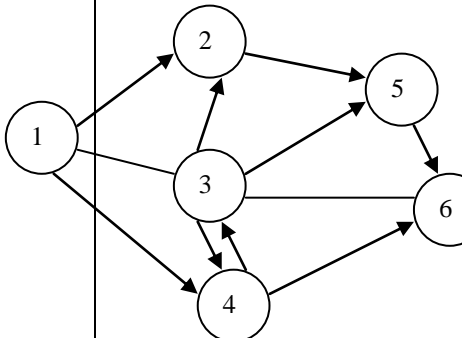
$$a = (15, 25, 10)$$

$$b = (2, 20, 18)$$

$$C = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 7 \\ 8 & 12 & 2 \\ 1 & 3 & 8 \end{pmatrix}$$

###### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**



	Вопрос	Расшифровка задания																																																	
1	Построение математической модели операции	Условия. Полуфабрикаты поступают в цех в виде 2-х различных партий, содержащих 15 и 20 единиц полуфабриката одинакового для каждой партии размера 270 и 350 см соответственно. Цех изготавливает комплекты деталей, в каждый из которых входит 3 детали размера 120 см и 2 детали размера 75 см. Построить модель для нахождения оптимального плана раскроя																																																	
2	Симплекс метод	Табличным симплекс методом решить задачу: $f=7x_1-3x_2 \rightarrow \max, 4x_1+x_2 \leq 8, -2x_1+5x_2=8, x_1, x_2 \geq 0.$																																																	
3	Применение пакета LINDO для решения оптимизационной задачи	Решить в пакете LINDO транспортную задачу $a = (15,25,10)$ $b = (2,20,18)$ $C = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 7 \\ 8 & 12 & 2 \\ 1 & 3 & 8 \end{pmatrix}$																																																	
4	Алгоритм метода потенциалов	Методом потенциалов решить задачу: $a = (15,25,10)$ $b = (2,20,18)$ $C = \begin{pmatrix} 2 & 5 & 7 \\ 8 & 12 & 2 \\ 1 & 3 & 8 \end{pmatrix}$																																																	
5	Целочисленное программирование	Методом ветвей и границ решить задачу $L=2x_1+x_2 \rightarrow \max, x_1+x_2 \leq 3.5, x_1, x_2 \geq 0, \text{ целые}$																																																	
6	Игровые задачи	Решить игру 2-х лиц с нулевой суммой, платежная матрица с выигрышами для игрока А: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td></td> <td>B1</td> <td>B2</td> <td>B3</td> </tr> <tr> <td>A1</td> <td>4</td> <td>-7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>A2</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>A3</td> <td>5</td> <td>-6</td> <td>2</td> </tr> </table>		B1	B2	B3	A1	4	-7	2	A2	1	3	8	A3	5	-6	2																																	
	B1	B2	B3																																																
A1	4	-7	2																																																
A2	1	3	8																																																
A3	5	-6	2																																																
7	Построение математической модели операции	Условия. Полуфабрикаты поступают в цех в виде 2-х различных партий, содержащих 15 и 20 единиц полуфабриката одинакового для каждой партии размера 270 и 350 см соответственно. Цех изготавливает комплекты деталей, в каждый из которых входит 3 детали размера 120 см и 2 детали размера 75 см. Построить модель для нахождения оптимального плана раскроя																																																	
8	Максимальный поток	Пропускные способности сети даны в таблице. Определить максимальный поток представленной сети  <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Узлы</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>12</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>-</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>9</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>5</td> <td>0</td> <td>-</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>15</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Узлы	1	2	3	4	5	6	1	0	7	4	12	-	-	2	-	0	-	-	9	-	3	4	5	0	6	2	15	4	-	-	5	0	-	11	5	-	-	-	-	0	3	6	-	-	15	-	-	0
Узлы	1	2	3	4	5	6																																													
1	0	7	4	12	-	-																																													
2	-	0	-	-	9	-																																													
3	4	5	0	6	2	15																																													
4	-	-	5	0	-	11																																													
5	-	-	-	-	0	3																																													
6	-	-	15	-	-	0																																													

### **2.4.3. Шкалы оценивания результатов обучения на диф. зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.