

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Северо-Кавказский федеральный университет»

Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ
Отделение среднего профессионального образования

Методические указания к практическим занятиям

ОП.01 Моделирование логистических систем

Специальность 38.02.03 Операционная деятельность в логистике

Форма обучения очная

Невинномысск, 2026

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Моделирование логистических систем» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 38.02.03 Операционная деятельность в логистике.

Методические указания для учебной дисциплины разработаны:
Дзамыховой М. Т., канд. фил. наук, доцент кафедры ИСЭиА НТИ(филиал) СКФУ

1. Пояснительная записка

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине ОП.01 Моделирование логистических систем составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО и предназначены для студентов, обучающихся по специальности: 38.02.03 Операционная деятельность в логистике в целях закрепления теоретического материала и приобретения практических навыков по данной дисциплине.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **уметь**:

- применять методы моделирования и исследования операций для решения профессиональных задач;
- решать прикладные экономические и технические задачи методами математического моделирования;
- применять методы теории массового обслуживания при решении экономических и технических задач, использовать указанные методы в практической деятельности;
- строить графовые и сетевые модели для решения пошаговых оптимизационных задач

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **знать**:

- методы моделирования логистических процессов;
- основные методы исследования операций;
- основные элементы теории массового обслуживания;
- основные элементы теории графов и сетей

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины. По окончании практического занятия студент должен устно ответить на контрольные вопросы в рамках подготовки к защите выполненной практической работы. В процессе защиты преподаватель может задать дополнительные вопросы, связанные с выполнением работы.

Практические занятия по дисциплине «Моделирование логистических систем» проводятся преподавателем, как правило, по темам, которые уже рассматривались на лекции.

На занятиях, как правило, студентам предлагается самостоятельно решить задачи под руководством и контролем преподавателя. Это позволяет закрепить теоретические знания, полученные в процессе лекций, и получить некоторые навыки применения теоретических положений на практике.

Для практических занятий по данной дисциплине задания заблаговременно подбираются преподавателем из сборников задач или используются типовые задачи. Как правило, задачи рассчитаны на их решение в течение одного занятия.

На первом практическом занятии преподаватель должен рассказать о порядке проведения занятий и методике, изложить требования, предъявляемые к студентам.

В начале очередного занятия следует назвать студентам тему практикума, кратко охарактеризовать содержание задач, записать на доске или продиктовать исходные данные. Затем необходимо пояснить наиболее сложные теоретические вопросы, относящиеся к этой теме, изложить алгоритм решения задачи и указать, на что следует обратить особое внимание в процессе работы. Преподаватель должен иметь у себя решения и результаты расчетов для всех задач, предлагаемых студентам.

Студенты решают задачи на практических занятиях самостоятельно, на своих рабочих местах. Допускается групповое (2-3 человека) обсуждение хода решения задачи и выполнение расчетов (при условии соблюдения тишины и порядка в аудитории).

Преподаватель наблюдает за порядком в аудитории, контролирует работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Условие задачи, исходные данные, ход решения и его результаты студенты записывают в специальные тетради для практических занятий. В конце занятий, подводя итоги, преподаватель может вызвать к доске одного или нескольких

студентов (по очереди) из числа успешно справившихся с заданием и предложить им объяснить ход решения задачи. Остальные студенты слушают объяснения, задают вопросы и корректируют свои записи.

Преподаватель должен вести учет посещаемости практических занятий студентами и выполнения ими всех задач. Студенты, отсутствовавшие на практических занятиях или не успевшие вовремя выполнить работу, должны решить задачи самостоятельно и представить их преподавателю для контроля.

В случае отсутствия у студента материалов по каким-либо темам практических занятий, независимо от того, по каким причинам они отсутствуют, на зачете будут заданы дополнительные вопросы или задачи по соответствующим темам. Ответы на эти вопросы учитываются при оценке результатов экзамена.

Подготовку к практическим занятиям следует начинать уже в процессе слушания лекций. Необходимо знать, по каким темам дисциплины запланированы практические занятия. Для этого следует заблаговременно ознакомиться с планом практических занятий и списком литературы по каждой теме. Практические занятия представляют собой свободный обмен мнениями всех участвующих в нем студентов по обсуждаемым вопросам. Поэтому студенты должны приходить на занятия хорошо подготовленными, иметь конспекты и другие рабочие записи по теме. На занятиях студенту следует быть активным, внимательно слушать выступления отвечающих студентов, дополнять их и отмечать недостатки в ответах

Критерии оценивания:

Оценка «отлично» выставляется, если студент глубоко и прочно усвоил программный материал по изученной теме, не допускает ошибок при ответе на теоретические вопросы, выполнил тестовые задания, правильно решил задачи, дает полные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если студент знает программный материал по теме, последовательно и по существу излагает его, допускает незначительные ошибки при ответе на теоретические вопросы, выполнил тестовые задания, правильно решил задачи, но допускает неточности в ответе на дополнительные вопросы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент усвоил только основной материал, допускает неточности при ответе на теоретические вопросы, выполнил более половины тестовых заданий, задачи решил с ошибками, затрудняется с ответами на дополнительные вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если студент обнаружил пробелы в знании материала по теме, не выполнил более половины тестовых заданий, не решил задачи, в ответах допустил принципиальные ошибки.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1

Тема: Математическое программирование в логистике

Цель— формирование знаний о методах математического программирования в логистике

Краткие теоретические сведения:

Математическое программирование ("планирование") - это раздел математики, занимающийся разработкой методов отыскания экстремальных значений функции, на аргументы которой наложены ограничения.

Методы математического программирования широко используются для решения распределительных задач.

Линейное программирование (ЛП) - является наиболее простым и лучше всего изученным разделом математического программирования. В нем рассматриваются задачи, у которых показатель оптимальности представляет собой линейную функцию от переменных задачи, а ограничительные условия, налагаемые на возможные решения, имеют вид линейных равенств или неравенств. Соответственно **нелинейное программирование** рассматривает задачи с нелинейными целевыми функциями и ограничениями.

Задачи, решаемые с помощью **сетевого моделирования (теория графов)**, могут быть сформулированы и решены методами линейного программирования, но специальные сетевые алгоритмы позволяют решать их более эффективно. Примеры: задачи нахождения кратчайшего пути, критического пути, максимального потока, минимизации стоимости потока в сети с ограниченной пропускной способностью и др.

Целевое программирование представляет собой методы решения задач линейного программирования с несколькими целевыми функциями, которые могут конфликтовать друг с другом.

Целочисленное линейное программирование используется для решения задач, у которых все или некоторые переменные должны принимать целочисленные значения.

Динамическое программирование предполагает разбиение задачи на несколько этапов, каждый из которых представляет собой подзадачу относительно одной переменной и решается отдельно от других подзадач.

Аппарат **теории вероятностей** используется во многих задачах исследования операций, например, для прогнозирования (регрессионный и корреляционный анализ), вероятностного управления запасами, моделирования систем массового обслуживания, имитационного моделирования и др.

Методы моделирования и прогнозирования временных рядов позволяют выявить тенденции изменения фактических значений параметра Y во времени и прогнозировать будущие значения Y .

Теория игр и принятия решений рассматривает процессы выбора наилучшей из нескольких альтернатив в ситуациях определенности (данные известны точно), в условиях риска (данные можно описать с помощью вероятностных распределений), в условиях неопределенности (вероятностное распределение либо неизвестно, либо не может быть определено).

Методы и модели **теории нечетких множеств** позволяют в математической форме представить и использовать для принятия решений субъективную словесную экспертную информацию: предпочтения, правила, оценки значений количественных и качественных показателей.

Задание I. Ознакомьтесь с основными понятиями, применяемыми при моделировании транспортно-логистических систем.

Иерархия — расположение частей или элементов целого в порядке от высшего к низшему.

Критерий — показатель, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо в логистике.

Математическая модель — система математических соотношений, приближенно, в абстрактной форме описывающая изучаемый процесс или систему.

Моделирование — исследование объектов путем построения и изучения их моделей.

Принцип — основное исходное положение какой-либо теории, учения или науки.

Экономико-математическая модель — математическая модель, предназначенная для исследования экономических проблем.

Задание II. Вопросы и задания для обсуждения

1. Каковы особенности системного подхода при изучении процессов управления поставками?
2. Что является объектом исследования в транспортно-логистических системах (ТЛС)?
3. В чем состоит принцип двойственного рассмотрения при исследовании систем?
4. Что входит в слои исследования логистического проекта?
5. Охарактеризуйте принципы функционирования контуров слежения и стабилизации в ТЛС.
6. В чем разница между внешним и внутренним критериями функционирования в системах управления поставками?
7. Опишите иерархию уровней описания в ТС.
8. Какова каноническая поставка модели оптимизации потоков?
9. Каковы особенности закрытой модели оптимизации потоков?
10. Каковы особенности открытой модели оптимизации потоков?
11. Как записывается модель задачи о максимальном потоке (в матричной постановке)?
12. Дайте постановку распределительной задачи. Опишите ее особенности.
13. В чем отличия задачи о максимальном потоке (в матричной постановке) от задачи оптимизации потоков в сетевой постановке?
14. Опишите модель транспортно-сбытовой задачи.
15. Можно ли решить транспортно-сбытовую задачу с помощью канонической постановки задачи оптимизации потоков?
16. Каковы сферы использования транспортно-сбытовой модели в ТЛС?
17. В чем суть задачи маршрутизации?
18. Дайте характеристики оптимизационных подходов к проблеме маршрутизации.
19. В чем разница между задачами маршрутизации массовых и мелкопартионных грузов?
20. Как учесть ограничивающие параметры в решении задач маршрутизации?
21. Опишите основные модели задачи маршрутизации. Дайте характеристику этим моделям.
22. Как связана задача маршрутизации с ТЛС?
23. Опишите постановку задачи определения кратчайшего пути.
24. Какие методы решения задачи определения кратчайшего пути вы знаете?

Задание III. Задачи

Задача 1. Автомобили работают на маятниковом маршруте с обратным холостым пробегом. Грузоподъемность автомобилей — 5 т. Коэффициент использования грузоподъемности — 0,9. Расстояние ездки в одном направлении — 25 км. Техническая скорость — 40 км/ч. Время простоя под погрузкой — 0,3 ч, под выгрузкой — 0,2 ч. Продолжительность смены — 8 ч. Определить необходимое количество автомобилей для перевозки 90 т грузов.

Задача 2. Определить целесообразность применения тягача или автомобиля, если грузоподъемность каждого из них 10 т, техническая скорость автомобиля — 20 км/ч, тягача — 15 км/ч, коэффициент использования грузоподъемности тягача — 0,8, автомобиля — 0,9.

Расстояние перевозки — 30 км. Езда с обратным холостым пробегом. Время простоя автомобиля под погрузкой и выгрузкой — 0,7 ч; время на пересоединение прицепов — 0,15 ч. Время в наряде 8 ч.

Задача 3. Определить выгодность применения бортового автомобиля или самосвала на кольцевом маршруте, если расстояние ездки 30 км, грузоподъемность бортового автомобиля — 7 т, самосвала — 6 т, время погрузки и выгрузки бортового автомобиля — 0,8 ч, самосвала — 0,3 ч, коэффициент использования грузоподъемности — 0,8, техническая скорость — 25 км/ч, время в наряде 8,5 ч.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2

Тема практического занятия: Оптимизация логистических систем графовыми методами

Цель – закрепить теоретические знания по методологии оценки логистических систем графовыми методами

Краткие теоретические сведения:

Математический вершинами, аппарат сетевых моделей базируется на теории графов.

Графом называется совокупность двух конечных множеств: множества точек, которые называются **вершинами** и множества связей, соединяющих вершины, которые называются **ребрами**.

Если рассматриваемые пары вершин являются упорядоченными, т.е. на каждом ребре задается направление, то граф называется **ориентированным**; в противном случае — **неориентированным**.

Последовательность неповторяющихся ребер, ведущая от некоторой вершины к другой, образует **путь**.

Граф называется связным, если для любых двух его вершин существует путь, их соединяющий; в противном случае граф называется **несвязным**. В экономике чаще всего используются два вида графов: **дерево** и **сеть**.

Дерево представляет собой связный граф без циклов, имеющий исходную вершину (корень) и крайние вершины; пути от исходной вершины к крайним вершинам называются ветвями.

Сеть — это ориентированный конечный связный граф, имеющий начальную вершину (источник) и конечную вершину (сток).

Таким образом, сетевая модель представляет собой граф вида «сеть». В экономических исследованиях сетевые модели возникают при моделировании экономических процессов методами сетевого планирования и управления (СПУ).

Объектом управления в системах сетевого планирования и управления являются коллективы исполнителей, располагающих определенными ресурсами и выполняющих определенный комплекс операций, который призван обеспечить достижение намеченной цели, например, разработку нового изделия, строительства объекта и т. п.

Основой сетевого планирования и управления является **сетевая модель (СМ)**, в которой моделируется совокупность взаимосвязанных работ и событий, отображающих процесс достижения определенной цели. Она может быть представлена в виде графика или таблицы.

Основные понятия сетевой модели:

1. событие,
2. работа,
3. путь.

На рисунке 1 графически представлена сетевая модель, состоящая из 11 событий и 16 работ, продолжительность выполнения которых указана над работами

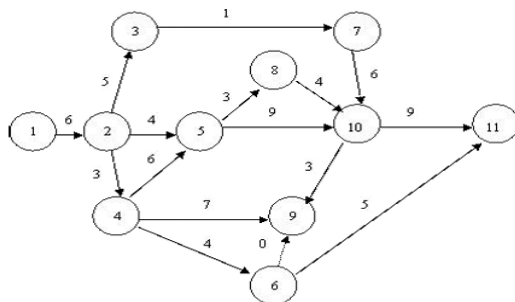


Рис 1. Сетевая модель

Работа характеризует материальное действие, требующее использования ресурсов, или логическое, требующее лишь взаимосвязи событий. При графическом представлении работа изображается стрелкой, которая соединяет два события. Она обозначается парой заключенных в скобки чисел (i, j) , где i — номер события, из которого работа выходит, а j — номер события, в которое она входит. Работа не может начаться раньше, чем свершится событие, из которого она выходит. Каждая работа имеет определенную продолжительность $t(i, j)$. Например, запись $t(2-5) = 4$ означает, что работа $(2-5)$ имеет продолжительность 5 единиц времени. К работам относятся также такие процессы, которые не требуют ни ресурсов, ни времени выполнения. Они заключаются в установлении логической взаимосвязи работ и показывают, что одна из них непосредственно зависит от другой; такие работы называются фиктивными и на графике изображаются пунктирными стрелками (работа $(6-9)$).

Событиями называются результаты выполнения одной или нескольких работ. Они не имеют протяженности во времени. Событие свершается в тот момент, когда оканчивается последняя из работ, входящая в него. События обозначаются одним числом и при графическом представлении сетевая модель изображаются кружком (или иной геометрической фигурой), внутри которого проставляется его порядковый номер ($i = 1, 2, \dots, n$).

В сетевой модели имеется начальное событие (с номером 1), из которого работы только выходят, и конечное событие (с номером N), в которое работы только входят.

Путь — это цепочка следующих друг за другом работ, соединяющих начальную и конечную вершины, например, в приведенной выше модели путями являются $L1 = (1, 2, 3, 7, 10, 11)$, $L2 = (1, 2, 4, 6, 11)$ и др

Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Путь, имеющий максимальную длину, называют критическим и обозначают $L_{кр}$, а его продолжительность — $t_{кр}$. Работы, принадлежащие критическому пути, называются критическими. Их несвоевременное выполнение ведет к срыву сроков всего комплекса работ. Сетевая модель имеют ряд характеристик, которые позволяют определить степень напряженности выполнения отдельных работ, а также всего их комплекса и принять решение о перераспределении ресурсов.

Перед расчетом СМ следует убедиться, что она удовлетворяет следующим основным требованиям:

1. События правильно пронумерованы, т. е. для каждой работы (i, j) i (рисунок 2, работы $(4-3)$ и $(3-2)$). При невыполнении этого требования необходимо использовать алгоритм пере нумерации событий, который заключается в следующем:

- нумерация событий начинается с исходного события, которому присваивается № 1;
- из исходного события вычеркивают все исходящие из него работы (стрелки), и на оставшейся сети находят событие, в которое не входит ни одна работа, ему и присваивают № 2;
- затем вычеркивают работы, выходящие из события № 2, и вновь находят событие, в которое не входит ни одна работа, и ему присваивают № 3, и так продолжается до завершающего события, номер которого должен быть равен количеству событий в сетевом графике;
- если при очередном вычеркивании работ одновременно несколько событий не

имеют входящих в них работ, то их нумеруют очередными номерами в произвольном порядке.

2. Отсутствуют тупиковые события (кроме завершающего), т. е. такие, за которыми не следует хотя бы одна работа (рисунка 2, событие 5);

3. Отсутствуют события (за исключением исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа (событие 7);

4. Отсутствуют циклы, т. е. замкнутые пути, соединяющие событие с ним же самим (путь (2,4,3)).

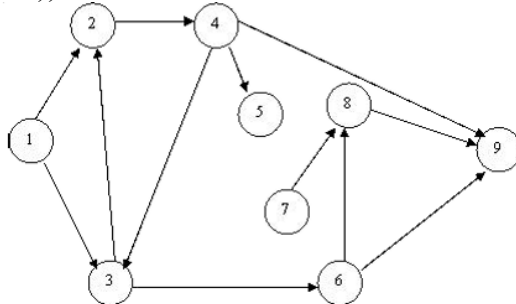


Рис 2. Основные ошибки в построении сетевой модели

При невыполнении указанных требований бессмысленно приступать к вычислениям характеристик событий, работ и критического пути.

Числовые характеристики сетевого графика

Для событий рассчитывают три характеристики: ранний и поздний срок совершения события, а также его резерв.

Ранний срок свершения события определяется величиной наиболее длительного отрезка пути от исходного до рассматриваемого события, причем $tp(1)=0$, а $tp(N)=tKp(L)$:

$$tp(j)=\max\{tp(j)+t(i,j)\}; j=2,\dots,N$$

Поздний срок свершения события характеризует самый поздний допустимый срок, к которому должно совершиться событие, не вызывая при этом срыва срока свершения конечного события:

$$tn(i)=\min\{tn(i)-t(i,j)\}; j=2,\dots,N-1$$

Этот показатель определяется «обратным ходом», начиная с завершающего события, с учетом соотношения $tn(N)=tp(N)$.

Все события, за исключением событий, принадлежащих критическому пути, имеют резерв $R(i):R(i)=tn(i)-tp(i)$ Резерв показывает, на какой предельно допустимый срок можно задержать наступление этого события, не вызывая при этом увеличения срока выполнения всего комплекса работ. Для всех работ (i,j) на основе ранних и поздних сроков свершения всех событий можно определить показатели:

Ранний срок начала– $tpn(i,j)=p(i)$;

Ранний срок окончания– $tpo(i,j)=tp(i)+t(i,j)$;

Поздний срок окончания– $tno(U)=tn(j)$;

Поздний срок начала– $tnn(i,j)=tn(j)-t(i,j)$;

Полный резерв времени– $Rn(i,j)=tn(j)-tp(i)-t(i,j)$;

Независимый резерв– $Rn(i,j)=\max\{0; tp(j)-tn(i)-t(i,j)\}=\max\{0; Rn(i,j)-R(i)-R(j)\}$

Полный резерв времени показывает, на сколько можно увеличить время выполнения конкретной работы при условии, что срок выполнения всего комплекса работ не изменится.

Независимый резерв времени соответствует случаю, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие — начинаются в ранние сроки.

Использование этого резерва не влияет на величину резервов времени других работ. Путь характеризуется двумя показателями– продолжительностью и резервом. Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Резерв определяется как разность между длинами критического и рассматриваемого

путей. Из этого определения следует, что работы, лежащие на критическом пути, и сам критический путь имеют нулевой резерв времени. Резерв времени пути показывает, на сколько может увеличиться продолжительность работ, составляющих данный путь, без изменения продолжительности общего срока выполнения всех работ.

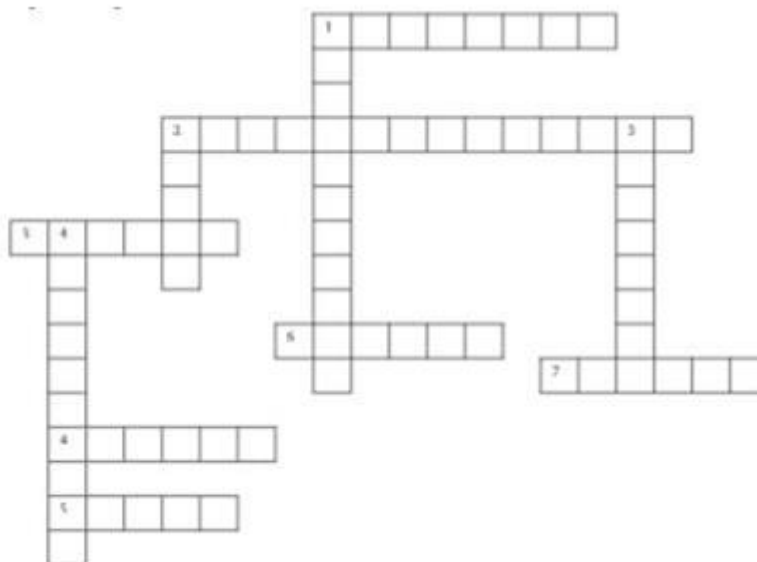
Задание I. Кроссворд

По вертикали

1. Постепенное перенесение стоимости основных фондов по мере их износа на производимый с их помощью продукт или услугу.
2. Юридическое и физическое лицо, совершающие операции за свой счет.
3. Вкладчик, лицо, организация или государство, осуществляющие инвестицию.
4. Перечень вопросов или дел, подлежащих решению или ведению, закрепленных за данным органом.

По горизонтали

1. Последовательность правил, руководствуясь которыми можно решить любую конкретную задачу.
2. Инвестирование денег в различные виды ценных бумаг в различные районы и отрасли с целью минимизации риска.
3. Баланс денежных доходов и расходов, составленный для государства, региона, предприятия.
4. Ссуда в денежной форме на условиях возврата и обычно с уплатой процента.
5. Распространенное представление о характере того или иного объекта или продукта.
6. Любой вид предпринимательской деятельности с использованием капитала и приносящий доход, прибыль.
7. Прямой безденежный натуральный обмен товарами или услугами.



Задание II. Задачи

Задача 1. Нарисовать сеть, представленную следующей таблицей.

Дуга		Расстояние км	Дуга		Расстояние км
Из узла	В узел		Из узла	В узел	
1	2	1	4	5	4

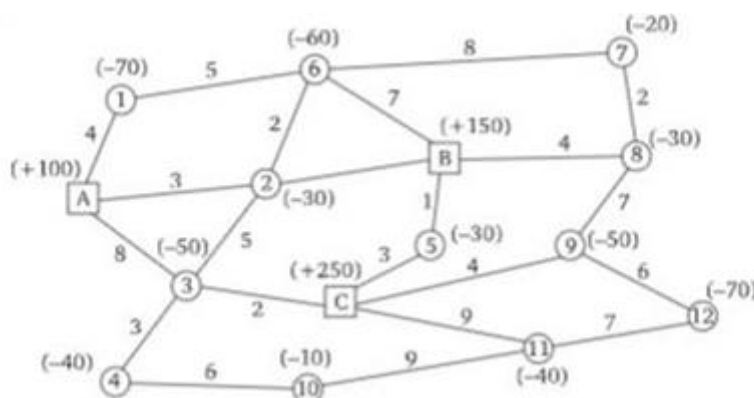
1	3	5	4	6	3
1	4	2	5	8	6
2	5	13	5	9	3
2	6	12	6	8	5
2	7	11	6	9	6
3	5	6	7	8	7
3	6	10	7	9	3
3	7	4	8	10	5

Найти кратчайшие маршруты между узлом 1 и всеми остальными узлами.

Задача 2. Найти минимальное время доставки грузов из пунктов 9, 12, 13 в пункт 1.

Дуга		Расстояние км	Дуга		Расстояние км	Дуга		Расстояние км
Из узла	В узел		Из узла	В узел		Из узла	В узел	
1	2	8	5	6	5	8	13	4
1	5	6	5	11	8	9	10	3
1	6	2	6	7	3	9	13	6
2	3	1	6	11	2	10	13	3
2	4	4	6	12	12	10	14	5
3	4	9	7	11	4	10	12	6
3	9	3	7	10	2	11	15	7
4	5	3	7	14	9	12	15	3
4	8	6	7	8	1	13	14	4
4	9	2	8	10	3	14	15	2

Задача 3. С трех складов поставщика (А, В, С) обслуживается 12 торговых точек (см. рисунок). Объем товара на складе обозначен в скобках величинами со знаком «плюс». Спрос в торговых точках указан в скобках величинами со знаком «минус». Построить оптимальный план перевозок товара методом потенциалов.



Задача 4. Объем продажи некоторого магазина — 1500 пакетов супа в год. Спрос равномерно распределяется в течение года. Цена одного пакета — 2 руб. За один заказ владелец магазина должен заплатить 10 руб. Время доставки заказа от поставщика составляет 12 рабочих дней (при 6-дневной рабочей неделе), но по вине поставщика возможна задержка в выполнении заказа на 2 дня. По оценкам специалистов, издержки хранения составляют 20% стоимости товара. Магазин работает 300 дней в году. Провести

расчет параметров системы с фиксированным заказом.

Задача 5. Промышленная компания в одном из технологических процессов использует детали X, закупаемые у внешнего поставщика. Спрос компании на детали X периодически меняется, однако приблизительно его можно описать с помощью нормального распределения со средним значением 80 деталей в день. Стандартное отклонение спроса — 10 деталей в день. Стоимость каждой детали — 0,50 долл. За каждый заказ поставщик взимает плату в 25 долл. Время поставки заказа поставщиком фиксировано — 8 дней. Стоимость хранения — 20% от стоимости детали. Компания работает 5 дней в неделю в течение 50 недель в году. Нехватка запасов более одного раза в 20 циклах не допускается. Найти гарантийный, пороговый и максимальный запас.

Задача 6. По прогнозам частного предпринимателя спрос на продукцию X в течение года должен составить 2040 шт. Количество рабочих дней в году — 240, в месяце — 20. Спрос подчиняется нормальному распределению. Средний суточный спрос — 8,5 шт. в день, стандартное отклонение — 2 шт. в день. Затраты на поставку составляют 14,2 тыс. руб.; затраты на содержание запаса — 2 тыс. руб. Время исполнения заказа — 5 дней. Построить модель с фиксированным временем поставки товара таким образом, чтобы в 99% случаев обеспечить бесперебойную торговлю.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3

Тема: Решение задач массового обслуживания.

Цель — решение задач массового обслуживания, моделирование логистических систем с использованием теории массового обслуживания.

Краткие теоретические сведения:

Система массового обслуживания (СМО) — система, предназначенная для обслуживания потока заявок, поступающих в случайные моменты времени. Примеры СМО: системы связи; САУ, АТС и т. д.

Любая реально функционирующая СМО соединяет в себе, по крайней мере, три составляющие:

1. входящий поток требований (заявок);
2. обслуживающую систему, состоящую из каналов обслуживания;
3. выходящий поток обслуженных заявок и поток заявок, получивших отказ

Примеры СМО:

- 1 Функционирование аэропорта; требования— прилетающие и убывающие пассажиры.
- 2 Функционирование ВПП аэродрома, требования— воздушные суда, требующие посадки или взлета.
- 3 Автоматизированные информационные системы; требования— запросы на получение информации.
- 4 Агентства по продаже билетов; требования— пассажиры.
- 5 Справочная телефонная служба; требования— запросы на получение справочной информации.
- 6 Работа ЭВМ в режиме разделения времени; требования— программы, обрабатываемые ЭВМ.

Цель ТМО — выработка рекомендаций по рациональному построению СМО, рациональной организации их работы и регулированию потока заявок для обеспечения высокой эффективности функционирования СМО. Для достижения этой цели ставятся задачи ТМО, состоящие в установлении зависимостей эффективности функционирования СМО от ее параметров

Задание I. Задачи

Задача № 1. На одноканальную СМО поступает поток вызовов с плотностью $\lambda = 8$ вызовов/ч; средняя продолжительность разговора равна $T = 4\lambda$ мин. Вычислить среднюю нагрузку в линии (в эрлангах).

Задача №2. На АТС за два часа поступило 14 вызовов. Среднее время разговора равно $T = 3$ мин. Вычислить среднюю нагрузку в линии (в эрлангах).

Задача № 3. Рассматривается работа трехсерверной СМО в течение часа. При этом первый сервер занят в течение $T_1 = 30$ мин, второй сервер – 50 мин. Вычислить в течение $T_2 = 20$ мин и третий сервер – в течение T_3 мин среднюю интенсивность трафика, обслуженного системой в течение часа (в эрлангах). Чему равна максимально возможная интенсивность обслуженного трафика в трехсерверной СМО?

Задача № 4. Интенсивность трафика в 60 пакетов в секунду со средней длиной пакета 400 бит поступает на выделенную линию с пропускной способностью 2 Мбит/с, а также на телефонный модем с пропускной способностью 32000 бит/с. Вычислить для обоих случаев нагрузку в линии (в эрлангах). Ответ: 0.0012 Эрл; 0.75 Эрл.

Задача № 5. На вход двухканальной АТС (с очередью и бесконечным буфером) поступает пуассоновский поток заявок с плотностью 18 выз/ч. Средняя длительность обслуживания заявки $m_t = \lambda$ мин. = об

Вычислить:

- 1) вероятность занятия одного канала;
- 2) вероятность занятия двух каналов;
- 3) вероятность наличия одной заявки в очереди;
- 4) вероятность наличия двух заявок в очереди;
- 5) среднее число заявок в очереди.

Ответ: 1) 0.09474; 2) 0.08526; 3) 0.07674; 4) 0.06906; 5) 7.674.

Задача № 6. В интернет-кафе клиенты прибывают случайно, в среднем 20 клиентов в час. Среднее время использования терминала 15 минут. Найдите предложенную нагрузку, измеренную: а) в единицах среднего времени обслуживания в течение одного часа; б) в эрлангах.

Задача № 7. В ячейке сотовой системы связи имеют место два процесса поступления вызовов:

а) хэндовер (передача соединения) происходит со средней частотой 3 вызова в минуту, и среднее время пребывания в системе 90 секунд;

б) новые вызовы прибывают с частотой 240 вызовов в час, и среднее время пребывания вызова в системе 2 минуты.

Найдите предложенную нагрузку для каждого потока нагрузки и полную предложенную нагрузку в эрлангах.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4

Тема: Моделирование логистических систем с использованием теории массового обслуживания

Цель – решение задач массового обслуживания, моделирование логистических систем с использованием теории массового обслуживания.

Тестирование

1. Какие задачи могут быть решены с помощью теории массового обслуживания? Выберите правильные варианты ответа.

А) +Определение рационального числа торговых точек, продавцов в магазине,

мастеров в ремонтной мастерской и пр..

Б) +Определение необходимых размеров торговых залов, складов, залов ожидания и пр.

В) Планирование комплекса взаимосвязанных работ

Г) Определение объемов выпуска валовой продукции.

Д) Минимизация расходов на организацию торговых точек, заработную плату продавцам или кассирам.

Е) Определение оптимального размера партии поставки товаров.

2. Какие величины являются исходными параметрами для моделирования систем массового обслуживания (СМО)? Выберите правильные варианты ответа.

1. λ +среднее число заявок, поступающих в систему (

2. среднее значение экономического показателя за определенный промежуток времени (Y_{cp});

3. средний размер товарного запаса ($Q/2$);

4. μ +среднее количество требований, обслуживаемых в системе одним каналом в единицу времени (

5. средний гарантированный выигрыш игрока А (y)

6. среднее число каналов в системе (a).

3. Укажите свойства потока заявок, поступающих в простейшую СМО. Выберите номера ответов.

1. делимость

2. +ординарность

3. целостность

4. +стационарность

5. +отсутствие последствия

4. В службе обслуживания кредитных карточек Национального банка Республики Беларусь работает многоканальный телефон. К какому типу относится данная СМО? Выберите номера правильных ответов.

1. одноканальная;

2. с отказами;

3. с ожиданием;

4. +многоканальная;

5. +с неограниченной очередью;

6. с ограничением по времени ожидания.

5. В расчетном узле супермаркета работают пять кассиров-контролеров. Определите тип данной системы массового обслуживания. Выберите номера правильных ответов.

1. одноканальная;

2. с отказами;

3. +с ожиданием;

4. +многоканальная;

5. +с неограниченной очередью;

6. с ограничением по времени ожидания.

6. Справочная служба железнодорожного вокзала имеет только один телефон. Определите тип данной системы массового обслуживания. Выберите номера правильных ответов.

1. +одноканальная;

2. с отказами;
3. +с ожиданием;
4. многоканальная;
5. +с неограниченной очередью;
6. с ограничением по времени ожидания.

7. Железнодорожная станция принимает на 5 путей пассажирские поезда и электрички, которые пребывают по расписанию каждые 15 минут на каждый из них и отбывают после обслуживания также по расписанию через 12 минут. Определите тип системы:

1. одноканальная с отказами
2. +многоканальная с ожиданием
3. многоканальная с отказами
4. это не система массового обслуживания

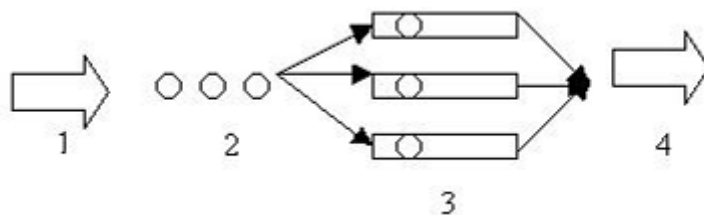
8.Какой из перечисленных показателей является основной характеристикой простейшей СМО?

1. Средняя длина очереди.
2. Среднее число свободных от обслуживания каналов.
3. Вероятность того, что все обслуживающие каналы заняты в момент поступления нового требования.
4. +Среднее число каналов, которые необходимо иметь, чтобы обслуживать в единицу времени все поступающие требования.
5. Коэффициент занятости каждого канала обслуживания.

9. Что является условием работоспособности простейшей СМО?

1. Длина очереди не более определенной величины L .
2. Время обслуживания одного требования не более определенного значения t .
3. Вероятность отказа в обслуживании равна 0.
4. +Число обслуживающих каналов должно быть больше среднего числа каналов, которые необходимо иметь.
5. Число требований, поступающих в систему в единицу времени, не менее 100

10. Что на данной схеме означает элемент 2?



1. каналы обслуживания
2. +очередь на обслуживание
3. входящий поток требований
4. требования, получившие отказ в обслуживании
5. денежные потоки в системе

11. Система, в которой заявка последовательно проходит обслуживание на нескольких каналах, называется:

1. многоканальной
2. +многофазной

3. многомерной
4. замкнутой

12. Система, в которой обслуженная заявка через некоторое время опять требует обслуживания, называется:

1. многоканальной
2. многофазной
3. многомерной
4. +замкнутой

13. В чем заключается свойство стационарности?

1. в том, что заявки прибывают в систему через равные промежутки времени;
2. в том, что обслуживающие устройства никогда не выходят из строя;
3. +в том, что среднее число заявок, поступающих в систему в единицу времени, постоянно;
4. В том, что
5. В том, что
6. В том, что в один момент времени не могут поступить две и более заявок.

14. Что такое для простейшей системы массового обслуживания?

1. среднее число заявок, поступающих в систему за единицу времени
2. среднее число заявок, которые может обслужить канал за единицу времени
3. +среднее число каналов в системе, которое нужно иметь, чтобы за единицу времени обслуживать все поступающие требования
4. среднее время обслуживания одной заявки
5. число каналов в системе

15. Что такое для простейшей системы массового обслуживания?

1. среднее число заявок, поступающих в систему за единицу времени
2. +среднее число заявок, которые может обслужить канал за единицу времени
3. среднее число каналов в системе, которое нужно иметь, чтобы за единицу времени обслуживать все поступающие требования
4. среднее время обслуживания одной заявки
5. число каналов в системе

16. В чем заключается свойство ординарности?

1. в том, что заявки прибывают в систему через равные промежутки времени;
2. в том, что обслуживающие устройства никогда не выходят из строя;
3. в том, что среднее число заявок, поступающих в систему в единицу времени, постоянно;
4. В том, что
5. В том, что
6. +В том, что в один момент времени не могут поступить две и более заявок.

Методические указания по подготовке рефератов (докладов):

Общие требования к оформлению рефератов (докладов).

Текст реферата должен быть оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, основные положения которого здесь и воспроизводятся.

Общий объём работы- 15—30 страниц печатного текста (с учётом титульного листа, содержания и списка литературы) на бумаге формата А4, на одной стороне листа.

В тексте должны композиционно выделяться структурные части работы, отражающие суть исследования: введение, основная часть и заключение, а также заголовки и

подзаголовки.

Целью реферативной работы является приобретение навыков работы с литературой, обобщения литературных источников и практического материала по теме, способности грамотно излагать вопросы темы, делать выводы.

Реферат должен содержать:

титульный лист,

оглавление,

введение,

основную часть (разделы, части),

выводы (заключительная часть),

приложения,

пронумерованный список использованной литературы (не менее 2-х источников) с указанием автора, названия, места издания, издательства, года издания.

В начале реферата должно быть оглавление, в котором указываются номера страниц по отдельным главам.

Во введении следует отразить место рассматриваемого вопроса в естественнонаучной проблематике, его теоретическое и прикладное значение. (Обосновать выбор данной темы, коротко рассказать о том, почему именно она заинтересовала автора).

Основная часть должна излагаться в соответствии с планом, четко и последовательно, желательно своими словами. В тексте должны быть ссылки на использованную литературу. При дословном воспроизведении материала каждая цитата должна иметь ссылку на соответствующую позицию в списке использованной литературы с указанием номеров страниц, например /12, с.56/ или «В работе [11] рассмотрены....» Каждая глава текста должна начинаться с нового листа, независимо от того, где окончилась предыдущая.

I глава. Вступительная часть. Это короткая глава должна содержать несколько вступительных абзацев, непосредственно вводящих в тему реферата.

II глава. Основная научная часть реферата. Здесь в логической последовательности излагается материал по теме реферата. Эту главу целесообразно разбить на подпункты- 2.1., 2.2. (с указанием в оглавлении соответствующих страниц).

Все сноски и подстрочные примечания располагаются на той же странице, к которой они относятся.

Оформление цитат. Текст цитаты заключается в кавычки и приводится в той грамматической форме, в какой он дан в источнике, с сохранением особенностей авторского написания.

Оформление перечислений. Текст всех элементов перечисления должен быть грамматически подчинен основной вводной фразе, которая предшествует перечислению.

Оформление ссылок на рисунки. Для наглядности изложения желательно сопровождать текст рисунками. В последнем случае на рисунки в тексте должны быть соответствующие ссылки. Все иллюстрации в реферате должны быть пронумерованы. Нумерация должна быть сквозной, то есть через всю работу. Если иллюстрация в работе единственная, то она не нумеруется. В тексте на иллюстрации делаются ссылки, содержащие порядковые номера, под которыми иллюстрации помещены в реферате.

Оформление таблиц. Все таблицы, если их несколько, нумеруют арабскими цифрами в пределах всего текста. Над правым верхним углом таблицы помещают надпись «Таблица...» с указанием порядкового номера таблицы, без значка № перед цифрой и точки после нее. Если в тексте реферата только одна таблица, то номер ей не присваивается и слово «таблица» не пишут. Таблицы снабжают тематическими заголовками, которые располагают посередине страницы и пишут с прописной буквы без точки на конце.

Выводы (заключительная часть) должны содержать краткое обобщение рассмотренного материала, выделение наиболее достоверных и обоснованных положений и утверждений, а также наиболее проблемных, разработанных на уровне гипотез, важность рассмотренной проблемы с точки зрения практического приложения, мировоззрения, этики и

т.п.

В этой части автор подводит итог работы, делает краткий анализ и формулирует выводы.

Примерный объем реферата составляет 15-20 страниц машинописного текста.

В конце работы прилагается список используемой литературы. Литературные источники следует располагать в следующем порядке:

энциклопедии, справочники;

книги по теме реферата (фамилии и инициалы автора, название книги без кавычек, место издания, название издательства, год издания, номер (номера) страницы);

газетно-журнальные статьи (название статьи, название журнала, год издания, номер издания, номер страницы).

Формат. Реферат должен быть выполнен на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм). Интервал межстрочный- полуторный. Цвет шрифта- черный. Гарнитура шрифта основного текста — «TimesNewRoman» или аналогичная. Кегль (размер) от 12 до 14 пунктов.

Размеры полей страницы (не менее): правое — 30 мм, верхнее, и нижнее, левое — 20 мм. Формат абзаца: полное выравнивание («по ширине»). Отступ красной строки одинаковый по всему тексту.

Страницы должны быть пронумерованы с учётом титульного листа, который не обозначается цифрой. В работах используются цитаты, статистические материалы. Эти данные оформляются в виде сносок (ссылок и примечаний). Примеры оформления сносок приводятся ниже.

Расстояние между названием главы (подраздела) и текстом должно быть равно 2,5 интервалам. Однако расстояние между подзаголовком и последующим текстом должно быть 2 интервала, а интервал между строками самого текста — 1,5. Размер шрифта для названия главы — 16 (полужирный), подзаголовка — 14 (полужирный), текста работы — 14. Точка в конце заголовка, располагаемого посередине листа, не ставится. Заголовки не подчёркиваются. Абзацы начинаются с новой строки и печатаются с отступом в 1,25 сантиметра. Оглавление (содержание) должно быть помещено в начале работы.

Заголовки. Заголовки разделов и подразделов следует печатать на отдельной строке с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая, например: ВВЕДЕНИЕ, ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Выравнивание по центру или по левому краю. Отбивка: перед заголовком — 12 пунктов, после — 6 пунктов. Расстояние между названием главы и последующим текстом должно быть равно двум междустрочным интервалам. Такое же расстояние выдерживается между заголовками главы и параграфа. Расстояния между строками заголовка принимают таким же, как и в тексте. Подчеркивать заголовки и переносить слова в заголовке не допускается.

Нумерация. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту (титульный лист и оглавление включают в общую нумерацию). На титульном листе номер не проставляют. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист. В верхней части титульного листа пишется, в какой организации выполняется работа, далее буквами увеличенного кегля указывается тип («Реферат») и тема работы, ниже в правой половине листа — информация, кто выполнил и кто проверяет работу. В центре нижней части титульного листа пишется город и год выполнения.

Библиография

Библиографические ссылки в тексте реферата оформляются в виде номера источника в квадратных скобках. Библиографическое описание (в списке источников) состоит из следующих элементов:

основного заглавия;

обозначения материала, заключенного в квадратные скобки;

сведений, относящихся к заглавию, отделенных двоеточием;
сведений об ответственности, отделенных наклонной чертой;
при ссылке на статью из сборника или периодического издания — сведений о документе, в котором помещена составная часть, отделенных двумя наклонными чертами с пробелами до и после них;
места издания, отделенного точкой и тире;
имени издателя, отделенного двоеточием;
даты издания, отделенной запятой.

Критерии оценки реферата:

Оценка «отлично» ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны ответы на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» ставится, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Примерные темы рефератов

1. Тенденции и перспективы развития логистики и управления цепями поставок в отечественной экономике.
2. Этапы развития и современное состояние логистики. Смена парадигм в эволюции логистики и управления цепями поставок.
3. Основные логистические функции и их распределение между различными участниками логистического процесса.
4. Система поставок «точно в срок»: принципиальная схема, сравнительная характеристика с традиционным снабжением.
5. Толкающие и тянущие системы управления материальными потоками в сферах производства и обращения.
6. Взаимосвязь распределительной и закупочной логистики. Базисные условия поставки в договорах купли-продажи и их применение в коммерческой логистике.
7. Мультимодальные и интермодальные перевозки. Выбор видов транспорта и типов транспортных средств, оценка стоимости перевозки грузов.
8. Понятие логистического сервиса и его роль в конкурентоспособности предприятия. Алгоритм формирования системы логистического сервиса.
9. Основные системы контроля состояния запасов на предприятии.
10. Принципы логистической организации складских процессов. Моделирование и стандартизация складских процессов.
11. Информационные системы в логистике: понятие и виды, принципы построения.
12. Логистическая стратегия: понятие, ключевые вопросы. Влияние внутренней и внешней среды на логистическую стратегию фирмы.
13. Анализ и контроль в логистике. Показатели эффективности логистического менеджмента.

14. Международные аспекты логистической деятельности.

2. Информационное обеспечение реализации программы

2.1 Основные печатные издания:

1. Бычков, А. Г. Сборник задач по теории вероятностей, математической статистике и методам оптимизации: учебное пособие / А. Г. Бычков. — Москва: ФОРУМ ИНФРА-М, 2022. — 192 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5- 00091 566-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1834678> – Режим доступа: по подписке.

2. Григорьев, М.Н. Коммерческая логистика: теория и практика: учебник для СПО 4 / М.Н. Григорьев, В.В. Ткач, С.А. Уваров. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 507 с. – Серия: Проф. образование.

3. Кремер, Н. Ш. Высшая математика для экономистов в 3 ч. Часть 3: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко, И. М. Тришин; под редакцией Н. Ш. Кремера. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 415 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5- 534-10171-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517613>

4. Неруш, Ю. М. Логистика: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. М. Неруш, А. Ю. Неруш. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 559 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-12456-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451221>.

2.2 Основные электронные издания

1. Гарипова, Г. Р. Моделирование логистических систем: учебное пособие / Г. Р. Гарипова. — Казань: Издательство КНИТУ, 2022. — 96 с. — ISBN 978-5-7882-3212-6. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/136166.html> (дата обращения: 23.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Медведев, В. А. Информационная логистика: учебник / В. А. Медведев. — Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. — 472 с. — ISBN 978-5-9729-1097-7. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124210.html> (дата обращения: 23.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Малышев, М. И. Логистические системы: учебно-методическое пособие / М. И. Малышев, Н. В. Тутова, А. Г. Ерохин. — Москва: МТУСИ, 2024. — 38 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/478445> (дата обращения: 23.09.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Моделирование инновационных систем и исследование перспективных направлений модернизации экономики: монография / А. И. Шинкевич, М. В. Шинкевич, С. С. Кудрявцева [и др.]. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 172 с. — ISBN 978-5-7882-2063-5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/80235.html> (дата обращения: 23.09.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2.3. Дополнительные источники

1. Неруш, Ю. М. Планирование и организация логистического процесса: учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. М. Неруш, С. А. Панов, А. Ю. Неруш. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 422 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534 13562-6. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/465981>

2. Прохоров, В.М. Управление логистическими процессами в закупках, производстве и распределении: учебник / Прохоров В.М., Медведев В.А., Чирухин В.А. — Москва: КноРус, 2023. — 365 с. — ISBN 978-5-406-01644-2. — URL: <https://book.ru/book/93836> — Текст: электронный.
3. Красс, М. С. Математика в экономике: математические методы и модели: учебник для бакалавров / М. С. Красс, Б. П. Чупрынов; ответственный редактор М.С. Красс. —2-изд. испр. И доп.— Москва: Издательство Юрайт, 2019. — 541с.— (Высшее образование). ISBN 978-5-9916-3138-9. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/426162>
4. Палий,И.А. Линейное программирование: учебное пособие для вузов /И.А. Палий.—2-изд.,испр.и доп.—Москва: Издательство Юрайт, 2021.—175с. —(Высшее образование).—ISBN978-5-534-04716-5.—Текст : электронный//ЭБС Юрайт [сайт].— URL:<https://urait.ru/bcode/472883>
5. <http://www.biblioclub.ru/> – ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
6. <http://www.consultant.ru> – СПС «Консультант-Плюс».
7. <http://www1.minfin.ru/> - официальный сайт Минфина РФ.
8. <http://www.ipbr.ru/> - официальный сайт Института профессиональных бухгалтеров и аудиторов России.
9. ГОСТЭКСПЕРТ–единая база ГОСТов РФ–URL: <https://gostexpert.ru/>
10. Информационная система Bloomberg : официальный сайт.– Москва, 2021-URL: <http://www.bloomberg.com> (дата обращения: 27.07.2021).– Текст : электронный.
11. Инвестиционный интернет-портал Investfunds : [сайт].– Москва, 2021, URL: <https://investfunds.ru/> (дата обращения: 27.07.2021).– Текст : электронный.