

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра математических методов и моделей в экономике

О.Н. Яркова

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЛОГИСТИКЕ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика

Оренбург
2019

УДК 330.4:519.8(076.5)
ББК 65.291я7+65в631я7
Я 75

Рецензент – кандидат экономических наук А.В. Раменская

Яркова, О.Н.
Я 75 Математические методы и модели в логистике: методические указания /
О.Н. Яркова; Оренбургский гос. ун-т.– Оренбург: ОГУ, 2019. – 50 с.

Методические указания содержат рекомендации к выполнению курсовых, практических работ и самостоятельной работы, задания для практических(лабораторных) работ по курсу «Математические методы и модели в логистике».

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика.

УДК 330.4:519.8(076.5)
ББК 65.291я7+65в631я7

© Яркова О.Н., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	5
1 Цель и задачи курсовой работы	6
2 Примерная тематика курсовых работ	7
3 Структура и содержание курсовой работы, требования к отчету и защите	8
4 Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по темам	11
5 Задания для подготовки к контрольным работам.....	13
5.1 Контрольная работа по теме «Математические методы и модели логистики складирования».....	13
5.2 Контрольная работа по теме «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики».....	17
6 Задания к практическим (лабораторным) работам.....	20
6.1 Задание № 1 Раздел «Теоретические основы логистики»	20
6.2 Задание № 2 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования».....	20
6.3 Задание № 3 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования».....	20
6.4 Задание № 4 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования».....	29
6.5 Задание № 5 Раздел «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики».....	31
6.6 Задание № 6 Раздел «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики».....	32
6.7 Задание № 7 Раздел «Методы и модели сетевого планирования и управления в логистических системах»	34
7 Вопросы к экзамену	35
Список использованных источников	37
Приложение А Исходные данные к заданию 1	39

Приложение Б Исходные данные к заданию 2.....	41
Приложение В Исходные данные к заданию 4	44
Приложение Г Исходные данные к заданию 7.....	46

Введение

Методические указания содержат задания и рекомендации к выполнению практических (лабораторных) работ, вопросы для устного опроса по темам дисциплины, методические рекомендации к выполнению курсовой работы.

Выполнение курсовой работы и практических (лабораторных) работ по дисциплине «Математические методы и модели в логистике», способствует формированию у обучающихся по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций: готовность к самостоятельной работе (ОПК-1); способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования (ОПК-2); способность использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение (ПК-1); способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9); готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов (ПК-10); готовность применять знания и навыки управления информацией (ПК-11).

1 Цель и задачи курсовой работы

Написание и защита курсовой работы является завершающим этапом изучения курса «Математические методы и модели в логистике» в рамках подготовки бакалавров по направлениям 01.03.04-Прикладная математика.

Целью выполнения курсовой работы является систематизация, закрепление и расширение у студентов теоретических знаний и практических навыков применения математических методов и моделей в процессе подготовки и принятия управленческих решений в логистике.

В процессе курсового проектирования студент должен:

- показать умение самостоятельно и грамотно решать поставленные перед ним задачи;
- пользоваться научной, учебной и справочной литературой;
- выбирать и использовать современные инструментальные программные средства для решения поставленных задач;
- строить модели и применять математические методы в процессе подготовки и принятия управленческих решений в логистике;
- проводить моделирование и на основе построенных моделей осуществлять содержательный анализ результатов решения задачи.

Общие задачи, решаемые при выполнении курсовой работы, включают в себя:

- 1) анализ литературных источников по теме курсовой работы;
- 2) формулировку цели и задач исследования;
- 3) построение математической модели;
- 4) выбор математических и инструментальных средств для решения поставленных задач;
- 5) решение задач исследования (в случае необходимости, осуществляется разработка собственного программного средства);

б) оформление отчета по курсовой работе в соответствии с разработанными требованиями.

2 Примерная тематика курсовых работ

Тема курсовой работы формируется в процессе изучения дисциплины «Математические методы и модели в логистике».

Примерными темами курсовых работ могут быть следующие:

- 1) Многономенклатурное управление запасами в задачах логистики складирования;
- 2) Стохастические модели управления запасами в задачах логистики складирования;
- 3) Моделирование систем логистики методом Монте – Карло;
- 4) Применение методов линейного программирования в задачах логистики;
- 5) Особенности приложений задач на графах для моделирования систем логистики;
- 6) Учет инфляции в задачах минимизации издержек обслуживания портфеля заказов;
- 7) Минимизация издержек при управлении запасами;
- 8) Приложения производящих функций к исследованиям логистики: анализ производящих функций ущерба при поставках;
- 9) Приложения преобразований Лапласа в логистике: анализ ущерба в моделях учета поставок товара;
- 10) Теория массового обслуживания в задачах логистики;
- 11) Математические методы и модели в задачах транспортной логистики;

- 12) Математические методы и модели в задачах производственной логистики;
- 13) Логистический подход к управлению автотранспортным предприятием;
- 14) Информационная логистика;
- 15) Информационные технологии в логистике;
- 16) Оптимизационные задачи логистики на графах;
- 17) Оптимизационные задачи логистики на сетях;
- 18) Моделирование СМО в логистике;
- 19) Многокритериальная оптимизация в логистике;
- 20) Эвристические методы в задачах логистики.

После формирования темы каждому студенту выдается задание на курсовую работу, в котором конкретизируются подлежащие разработке вопросы.

3 Структура и содержание курсовой работы, требования к отчету и защите

Отчет по курсовой работе должен содержать теоретическое обоснование методов, описание этапов математического моделирования и описание алгоритма и программной реализации модели. Расчетная часть выполняется с использованием собственного разработанного программного обеспечения и/или стандартных программных средств. Результатам расчетов должна быть дана содержательная экономическая интерпретация.

Курсовая работа должна содержать:

- титульный лист;
- лист задания на курсовую работу;
- постановка задачи;

- содержание;
- введение;
- 2 главы (теоретическая и практическая);
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения.

При оформлении работы необходимо руководствоваться стандартом организации [СТО 02069024.101–2015 РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления.](#)

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ее значимость, формулируются цели, задачи. Указывается объект и предмет исследования, информационная база. Приводится содержание вопросов, обсуждаемых в следующих разделах. Целесообразно охарактеризовать методику проведения исследования, указав какие конкретно применялись методы и информационные технологии. Объем введения 3-5 страниц.

Первая глава, как правило, представляет собой теоретический анализ поставленных задач. В первую очередь должны быть раскрыты понятия, сущность изучаемого явления или процесса. Здесь возможно изложить историю вопроса, состояние (степень изученности) исследуемой темы на основе обзора отечественной, зарубежной литературы и периодики; дать обзор имеющихся методов, алгоритмов и подходов к моделированию, отметить их достоинства и недостатки; обосновать задачи исследования и способ решения поставленных задач.

Вторая глава носит практический характер. В этом разделе задача формализуется, описывается ее математическая модель. Обосновывается выбор математических и инструментальных средств для решения поставленных задач. Описывается процесс решения поставленных задач исследования и анализ полученных результатов. При необходимости разработки собственного программного обеспечения для решения задач исследования представляют

описание разработанного программного средства: руководство пользователю и руководство программисту.

Заключение должно содержать общие выводы, авторскую оценку работы с точки зрения эффективности решения задач, поставленных в курсовой работе (основные выводы из теоретического анализа, основные результаты); предложения (рекомендации); необходимо подчеркнуть практическую значимость работы (эффективность от внедрения рекомендаций) или научную ценность решенных задач. Могут быть указаны дальнейшие перспективы разработки темы.

Не менее чем за неделю до защиты, курсовая работа представляется преподавателю для рецензирования, после чего студенты устраняют отмеченные недостатки. В письменной рецензии должны быть указаны достоинства и недостатки курсовой работы, отмечено наличие самостоятельных и оригинальных выводов и предложений; охарактеризован уровень теоретической подготовки студента, и умение использовать свои знания при решении конкретных задач, дана предварительная оценка работы («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

Курсовая работа, на которую рецензия неудовлетворительная возвращается студенту для переработки с учетом высказанных замечаний.

В процессе защиты курсовой работы студент делает доклад продолжительностью не более 8 минут, в котором должен сформулировать постановку задачи, кратко изложить содержание работы, сформулировать выводы и предложения по результатам исследования.

По окончании доклада студент отвечает на вопросы по существу работы, а также на замечания, содержащиеся в рецензии преподавателя.

При оценке курсовой работы во внимание принимаются качество выполнения и оформления работы, содержательность доклада и ответов на вопросы, наглядность представления работы, а также уровень проработанности и самостоятельности исследования.

Результаты защиты курсовой работы определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется за глубокое раскрытие темы, качественное оформление работы, содержательность доклада, наглядное его представление.

Оценка «хорошо» выставляется при соответствии вышеперечисленным критериям, но при наличии в содержании работы и ее оформлении небольших недочетов или недостатков в представлении работы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за слабое и неполное раскрытие темы, выводы и предложения, носящие общий характер, отсутствие наглядного представления работы и затруднения при ответах на вопросы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за неполное раскрытие темы, за выводы и предложения, носящие общий характер, отсутствие ответов на вопросы.

4 Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по темам

При подготовке устному опросу рекомендуется пользоваться следующими источниками: Лубенцова В.С.[1], Веселова А.О. [2], Рыжиков Ю.И. [4], Кремер [5], Безбородников Р.М. и др. [6].

Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по теме «Теоретические основы логистики»:

- 1) Логистическая цепь;
- 2) Стадии развития логистических систем;
- 3) Закупочная логистика задачи и функции;
- 4) Закупочная логистика методы определения потребностей;
- 5) Планирование закупок, методы осуществления закупок;

- 6) Производственная логистика;
- 7) Управление материальными потоками;
- 8) Типы гибкости логистических систем;
- 9) Логистические системы организации производства;
- 10) Сбытовая логистика;
- 11) Складская логистика;
- 12) Транспортная логистика;
- 13) Информационная логистика;
- 14) Классификация информационных систем;
- 15) Логистические информационные системы;
- 16) Математические методы и модели в задачах логистики;

Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по теме «Математические методы и модели логистики складирования»:

- 1) Виды товарных запасов;
- 2) Виды систем управления запасами;
- 3) Организация складов;
- 4) Методы определения количества, места расположения, емкости складов;
- 5) Определение емкости контейнерного терминала на основе моделей теории массового обслуживания;
- 6) Статические детерминированные модели УЗ;
- 7) Модели управления запасами с учетом естественной убыли продукта хранения;
- 8) Модели управления запасами с учетом скидок;
- 9) Управление запасами в условиях неопределенности;
- 10) Стохастические модели управления запасами;
- 11) Многономенклатурные задачи управления запасами.

Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по теме «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики»:

- 1) Виды транспортировок;

- 2) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики (транспортная задача);
- 3) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики (задача о назначениях);
- 4) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики(задача коммивояжера);
- 5) Многопродуктовая транспортная задача;
- 6) Алгоритм построения покрывающего дерева на графе;
- 7) Алгоритм поиска кратчайшего пути в графе;
- 8) Алгоритм поиска максимального потока в сети.

Вопросы для самостоятельной подготовки и устного опроса по теме «Методы и модели сетевого планирования и управления в логистических системах»:

- 1) Основные элементы сетевых моделей;
- 2) Параметры событий и работ, резервы времени;
- 3) Сетевое планирование в условиях неопределенности;
- 4) Оптимизация сетевых графиков;
- 5) Решение задач оптимизации сетевых графиков на основе векторного представления;
- 6) Оптимизация систем планирования и управления для цепей поставок и задач логистики.

5 Задания для подготовки к контрольным работам

5.1 Контрольная работа по темам «Теоретические основы логистики», «Математические методы и модели логистики складирования»

При подготовке к контрольной работе рекомендуется пользоваться

следующими источниками: Лубенцова В.С.[1]., Веселова А.О. [2], Рыжиков Ю.И. [4], Кремер [5].

Теоретические вопросы для подготовки к контрольной работе:

- 1) Логистическая цепь, стадии развития логистических систем;
- 2) Закупочная логистика задачи и функции;
- 3) Производственная логистика;
- 4) Типы гибкости логистических систем;
- 5) Логистические системы организации производства;
- 6) Сбытовая логистика;
- 7) Складская логистика;
- 8) Транспортная логистика;
- 9) Информационная логистика;
- 10) Математические методы и модели в задачах логистики
- 11) Классификация систем снабжения;
- 12) Сформулируйте основное уравнение запасов;
- 13) Опишите статические детерминированные модели УЗ.

Типовые задачи для контрольной работы.

Задача 1: По данным учета затрат известно, что стоимость подачи одного заказа составляет 300 руб., а годовая потребность в комплектующем изделии - 1550 шт., цена единицы комплектующего изделия на складе равна 25% его цены. Определите оптимальный размер заказа на комплектующие изделия.

Задача 2: Предприятие занимается ремонтом автомобилей. Годовой спрос 1000 ед., затраты на переналадку под заказ - 1200 руб., затраты на хранение единиц в год - 60 руб., оптимальная величина заказа - 250 шт. Рассчитайте число заказов и точное время между заказами, а также определите общие затраты на заказы в год.

Задача 3: Годовая потребность в бензине составляет 7300 т, число рабочих дней в месяце – 30, бензин завозится двумя бензовозами вместимостью 12 т. Расстояние до поставщика – 700 км. Средняя эксплуатационная скорость движения бензовоза – 55 км/ч. Вычислите объем первой поставки. Определите

интервал и график поставки бензина на бензоколонку при ее бесперебойной работе.

Задача 4: Оборот склада равномерный и составляет 7100 ед. товара в год (360 рабочих дней). Затраты на одну доставку - 420 руб. Затраты на хранение единицы товара - 150 руб. в год. Доставка заказов на склад осуществляется оптимальными по размеру партиями. Определите срок расходования одной партии.

Задача 5: В таблице 1 приведены данные об объеме потребления, цене приобретения и реализации, издержках предприятия по продуктам: мука, крупа, макаронные изделия. Определите: наиболее эффективный вариант приобретения товара; какой дополнительный объем продукции можно приобрести на сэкономленные средства по каждому из вариантов. Сделайте выводы и внесите предложения.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование продукта	Объем потребления, т	Цена приобретения, руб./т	Издержки предприятия, руб./т	Цена реализации, руб./т
Мука	90	5200	460	5900
Крупа	60	6700	560	9600
Макаронные изделия	110	7200	410	10200

Задача 6: Имеются координаты магазинов (в километрах) и данные об их грузообороте (т/ мес.). Координаты магазинов в соответствии с их номерами (X, Y): №1 (16,41); №2 (51,41); №3 (31,56); №4 (51,11); №5 (81, 46); №6 (86,36); №7 (71, 21); №8 (91, 21). Грузооборот магазинов в соответствии с их номерами (т/ мес.): 36, 59, 22, 45, 60, 12, 55, 12. Определите место для размещения распределительного склада методом определения центра тяжести грузовых потоков.

Задача 7: На складе лакокрасочных материалов провели техническое перевооружение. Исходные данные: до реконструкции коэффициент

оборачиваемости материалов в год был равен 13, себестоимость переработки 1 т - 3800 руб., грузооборот - 55 тыс. т. Капиталовложения в реконструкцию склада составили 55 млн руб., в результате чего при увеличении грузооборота в 1,3 раза себестоимость складской переработки 1 т грузов понизилась до 2900 руб. Определите экономический эффект от технического перевооружения склада. Для решения задачи необходимо рассчитать годовой экономический эффект и срок окупаемости капиталовложений от технического перевооружения этого склада.

Задача 8: Определите необходимое количество башенных кранов при складской переработке товаров. Исходные данные: годовое поступление товаров на склад - 140000 тонн, такое же количество товаров отпускается со склада потребителям. Склад обслуживается башенными кранами грузоподъемностью 6 тонн, продолжительность полного цикла работы крана равна 400 сек., коэффициент использования крана по грузоподъемности 0,9; товары поступают на склад в контейнерах равномерно в течение года (365 дней), отпускается товар потребителям 270 дней в году; склад работает в одну смену 8 час.

Задача 9: Определите потребность в автомашинах для перевозки зерна с поля до элеватора. При этом на уборке задействовано 9 комбайнов, норма выработки за смену 1 комбайна 10 га. Расстояние перевозки зерна-5 км. Урожайность зерновых 16 ц/га. Норма выработки автомашины на 1 га 150 т/км. Смена-8 час.

Задача 10: Требуется рассчитать потребность в автомобильном транспорте при маятниковом маршруте с обратным холостым пробегом. Необходимо перевезти 330 т (Q) груза второго класса. Грузоподъемность автомобиля (g) составляет 5 т, расстояние груженой поездки и поездки без груза равно 20 км, коэффициент использования грузоподъемности (y) составляет 0,8. Время простоя под погрузкой и разгрузкой (tпр.) составляет 40 мин. Техническая скорость автомобиля (Vt) 30 км/ч, время работы автомобиля на маршруте(Tm) 8 часов.

Задача 11: Выбор наиболее выгодного средства транспортировки. Фирма должна принять решение о покупке собственного микроавтобуса или об использовании услуг транспортной фирмы для организации сбыта своего товара.

Месячный пробег 500 км. Тариф транспортной фирмы 130 руб/км. Приобретение собственного микроавтобуса: стоимость -1300 тыс.руб., срок службы – 10 лет. Налоги и страхование -2200 тыс.руб. в год. Заработная плата водителя -15000 тыс. руб. в месяц. Горючее и ремонт -80 руб. на 1 км пробега. Какое решение является наиболее эффективным? При каком пробеге варианты равны?

5.2 Контрольная работа по теме «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики»

При подготовке к контрольной работе рекомендуется пользоваться следующими источниками: Лубенцова В.С.[1]., Веселова А.О. [2]., Безбородникова Р.М и др.[6].

Теоретические вопросы для подготовки к контрольной работе:

- 1) Сформулируйте определение закрытой и открытой модели транспортной задачи;
- 2) Приведите алгоритм построения первоначального плана – метод северо-западного угла;
- 3) Приведите алгоритм построения первоначального плана – метод минимальных элементов;
- 4) Опишите алгоритм метода потенциалов решения транспортной задачи;
- 5) Приведите венгерский алгоритм решения задачи о назначениях;
- 6) Приведите метод ветвей и границ решения задачи о коммивояжере;
- 7) Многопродуктовая транспортная задача;
- 8) Алгоритм построения покрывающего дерева на графе;
- 9) Алгоритм поиска кратчайшего пути в графе;
- 10) Алгоритм поиска максимального потока в сети.

Типовые задачи для контрольной работы:

Задача 1. Пусть имеется четыре поставщика однородной продукции и три потребителя. Известны запасы груза a_i ($i = 1, 2, 3, 4$) у поставщиков A_i , спрос b_j ($j = 1, 2, 3$) у потребителей B_j и время поставки груза t_{ij} (независимо от объема поставки) по маршруту $A_i \rightarrow B_j$. Время доставки груза, спрос и запасы поставщиков приведены в таблице 2. Необходимо составить план перевозок, при котором спрос, реализуемый за минимальное время будет полностью удовлетворен.

Таблица 2 – Время доставки груза (в ч.), спрос и запасы поставщиков

	B_1	B_2	B_3	Запасы, шт.
A_1	1	9	4	100
A_2	4	3	3	80
A_3	2	1	2	60
A_4	6	2	9	50
Спрос, шт.	90	110	80	

Задача 2. Электрическая компания Вайоминга транспортирует по трубопроводам угольную пульпу от трех шахт к трем электростанциям. Стоимость транспортировки одной тонны пульпы (в долл.), а также предложение шахт и спрос электростанций представлены в таблице 3. Найдите оптимальную схему транспортировки угля к электростанциям.

Таблица 3 – Стоимость транспортировки тонны пульпы (в долл.) предложение и спрос

	B_1	B_2	B_3	Запасы, тонн
A_1	5	8	4	8
A_2	6	9	12	10
A_3	3	1	5	18
Спрос, тонн	16	6	14	

Задача 3. Имеется четыре пункта, расстояние между которыми описано матрицей расстояний. Найти оптимальный (минимальный) замкнутый маршрут объезда городов, если матрица расстояний имеет вид:

$$S = \begin{pmatrix} \infty & 13 & 12 & 5 \\ 13 & \infty & 7 & 9 \\ 12 & 7 & \infty & 4 \\ 5 & 9 & 4 & \infty \end{pmatrix}$$

Составить экономико-математическую модель задачи и решить задачу и решить методом ветвей и границ.

Задача 4. Предприятию необходимо осуществить доставку груза четырех видов (R1÷R4). На предприятии имеется четыре транспортных средства (S1÷S4). Разные виды груза нельзя перевозить одним транспортным средством вместе. Стоимость организации перевозки на разных транспортных средствах для разных грузов различна и задается матрицей стоимостей. Распределить груз по видам транспортных средств так, чтобы общая стоимость перевозки была минимальна, если матрица стоимостей следующая:

$$C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 0,5 \\ 1,5 & 1 & 4,5 & 2,5 \\ 0,5 & 1 & 3 & 1,5 \\ 2 & 2,5 & 3,5 & 1,5 \end{pmatrix}$$

Составить экономико-математическую модель задачи и решить задачу, применив венгерский алгоритм.

6 Задания к практическим (лабораторным) работам

6.1 Задание № 1 Раздел «Теоретические основы логистики»

Для принятия решения о продлении договора с одним из поставщиков рассчитайте рейтинг каждого поставщика. Оценку поставщиков выполните по показателям: цена, надежность и качество поставляемого товара. Примите во внимание, что товары А и В не требуют бесперебойного пополнения. При расчете рейтинга поставщика учтите следующие веса показателей: цена; качество поставляемого товара; надежность поставки. Исходные данные (по вариантам) приведены в таблицах А.1 – А.5 приложения А.

Рекомендации к решению задачи и пример приведены в учебно-методическом пособии Кореннова С.А. [7]. Для решения задачи рекомендуется так же использовать методические указания Домашовой Д.В. [3].

6.2 Задание № 2 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования»

Имеется информация о распределении суточного прибытия грузов на складах Q^n и $P(Q^n)$; распределении суточного отправления (выдачи грузов) со склада Q^e и $P(Q^e)$; доверительная вероятность P^* для определения складских запасов (ёмкость склада). Определить:

- 1) математическое ожидание суточного грузопотока прибытия на склад;
- 2) математическое ожидание суточного грузопотока отправления грузов со склада;
- 3) первоначальный (страховой) запас грузов;
- 4) рассчитать возможные запасы грузов на складе и их вероятности, представить результат в виде интервального вариационного ряда;

- 5) сформировать таблицу интегральной функции распределения складских запасов грузов и найти в таблице значения интегральной функции распределения, между которыми попадает заданная доверительная вероятность;
- 6) определить срок хранения грузов на складе;
- 7) годовой грузопоток прибытия грузов на склад, при работе склада в году T суток;
- 8) оборачиваемость грузов на складе;
- 9) коэффициент неравномерности прибытия грузов;
- 10) коэффициент неравномерности выдачи грузов со склада.

Исходные данные по вариантам приведены в таблице Б.1 приложения Б. Пример расчетов приведен в учебном пособии Лубенцовой В.С.[1].

6.3 Задание № 3 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования»

Решить задачу с использованием стандартных программных средств: Excel, MathCad, MathLab. Рекомендации к решению задач приведены в учебном пособии Рыжиков Ю.И.[4], Кремер Н.Ш. [5].

Вариант 1. На станке производятся детали в количестве 12000 единиц в месяц. Эти детали используются для производства продукции на другом станке, производительностью 4000 единиц в месяц. Оставшиеся детали образуют запас и продаются в конце года сторонним организациям. Издержки хранения составляют 1,5 рубля за одну деталь в месяц. Стоимость производственного цикла на первом станке равняется 8000 рублей. Определите, сколько деталей необходимо производить на первом станке непрерывно, с какой периодичностью запускать производство и каковы затраты в единицу времени?

Вариант 2. Стоимость запуска печатного станка составляет 5 тыс. руб. Альтернативные издержки на хранение каждой непроданной копии журнала 3

рубля в день. Технологические мощности станка позволяют печатать полиграфическую продукцию тиражом до 45000 экземпляров в день. Спрос на модный журнал составляет 280000 экземпляров в неделю. Определите оптимальный объем тиража на один производственный цикл и средние суммарные издержки в единицу времени.

Вариант 3. В сборочном цехе завода «Световод» в ручном режиме украшают люстры хрустальными элементами. 30 человек занимаются этой работой и каждый делает две люстры в час. На заводе 8-ми часовой рабочий день. Металлические заготовки для люстр делаются во вспомогательном цехе с интенсивностью 140 штук в час. Затраты на хранение не обработанных заготовок составляют 2,5 рубля в час. Стоимость запуска станка по производству заготовок составляет приблизительно 4300 тысячи рублей и включает в себя перенастройку, наладку, возможный ремонт и з/п мастера. Определите оптимальный размер партии заготовок для люстр, которые необходимо делать во вспомогательном цехе, если завод хочет минимизировать издержки, связанные с запуском производства.

Вариант 4. На фабрике кондитерских изделий «Радуга вкуса» производство тортов построено по принципу «стандартные бисквиты – разная начинка», поэтому первая и вторая часть производственного процесса разведены по разным цехам. Бисквиты выпекаются в цехе №1 со средней интенсивностью 225 коржей в час. Собственно приготовление тортов происходит в цехе №2. Некоторая часть работы здесь является ручной, поэтому средняя скорость появления готовых тортов составляет 100 тортов в час. В цехе №1 также могут выпекаться бисквиты для печения, поэтому перенастройка оборудования на производство бисквитов для тортов с учетом затраченного времени наладчика и перенастройки техники обходится в 1000 рублей. Хранение бисквитов, с целью сохранения их свойств, происходит в специальной камере. Стоимость хранения в переводе на бисквит для одного торта составляет 1 рубль в час. Завод работает в две смены, что составляет в общей сложности 16 рабочих часов. Определите какой объем бисквитов, следует производить за раз в цехе №1, что затраты на хранение готовых

бисквитов и переналадку оборудования были минимальны. Рассчитайте среднюю величину затрат в единицу времени при выбранном объеме заказа для цеха №1.

Вариант 5. Предприятие занимается захоронение отходов под землей. Работа состоит из двух этапов: сначала упаковки мусора на специальном лифте опускаются под землю, затем специальная роботизированная бригада развозит мусор по штрекам. Стоимость запуска лифта – 40000 рублей, максимальная грузоподъемность – 5 тонн, на один рейс уходит 1 час. Роботы развозят мусор с интенсивностью 1000 кг. в час. Нельзя допустить ситуацию, когда у роботов не будет мусора для его размещения по штрекам шахты, поскольку это потребует вызова мастера и перенастройки программы. Условная стоимость нахождения мусора в основном стволе шахты до того, как он будет развезен роботом, составляет 100 рублей за кг. за час. Эти затраты возникают потому, что, согласно договору с областными властями полное захоронение отходов должно происходить за менее чем часовой срок. Определите оптимальный размер загрузки лифта и периодичность его работы, исходя из того, что предприятие желает минимизировать свои затраты связанные со спуском и развозкой мусора.

Вариант 6. Семья Ивановых живет в деревне и содержит подсобное хозяйство, в том числе кур-несушек разных пород. Яйценоскость разных пород кур оценивается по-разному, однако бабушка Иванова – Мария Владимировна подсчитала, что в среднем их 5 кур приносят 90 яиц в месяц. На содержание всех кур Ивановы тратят около 150 рублей в месяц. Вся семья Ивановых за месяц потребляет 30 яиц, излишки бабушка продает соседям, не постоянно проживающим в деревне, но приезжающим на каждые выходные, по 3р за яйцо. Соседи охотно покупают качественные, экологически чистые яйца, в оригинальной упаковке. Упаковка представляет собой плетёный короб, который делает внук Марии Владимировны Петя. Петя мог бы отдавать короба бесплатно, но бабушка стимулирует работу внука и за каждый короб дает внуку 15 рублей. Марии Владимировне требуется всего лишь 1 короб каждую неделю, так как в него она складывает все яйца снесённые курами за неделю, а в конце недели отдаёт вместе с неиспользованными яйцами соседям. Определите размер

ежемесячных затрат/прибыли семьи Ивановых от содержания кур и еженедельные издержки Марии Владимировны на одно яйцо и одну курицу. Определите, какое количество кур, будет достаточным, чтобы удовлетворять потребности семьи?

Вариант 7. За более чем 60 - летнее существование экструзионных технологий появилось большое разнообразие конструкций машин для их реализации. Экструзия - кратковременный высокотемпературный процесс, который с успехом применяется как в пищевой, так и в комбикормовой промышленности. Экструзия сложный физико-химический процесс, который протекает под действием механических усилий при условии присутствия влаги и высокотемпературного воздействия. Для реализации процесса экструзии применяется шнековый экструдер. Рабочую часть экструдера с учетом стадий процесса обработки можно условно разделить на три зоны: I - зона приема сырья; II - зона пластификации и сжатия; III - зона выпрессовывания продукта. Зона приема сырья способна принимать в день до 5 тонн сырья, пропускная способность зоны пластификации и сжатия около 3-х тонн в день, которые полностью впессовывается в готовый продукт. Затраты на предпусковую обработку, разогрев и запуск экструдера составляют около 10 000 рублей. Экструдированный продукт необходимо просушивать. Затраты на хранение и просушивание на собственной территории ста килограммов продукта компания оценивает в 50 рублей в день. Месяц – 4 недели. Определите: какой объем сырья нужно закупать ежемесячно для обеспечения минимальных издержек экструдирования, если известно, что спрос на продукцию в неделю в среднем 17 тонн, а так же ежемесячные издержки экструдирования; объем спроса готовой продукции, если компания приняла стратегию производства 1,5 тонн в день.

Вариант 8. Челябинская автомобильная компания «Эл – Плюс» еженедельно получает автомобили от производителя в Тольятти. Автомобили доставляются автовозами. Каждый автовоз вмещает 8 автомобилей. Максимальное количество автовозов, которое может прийти в Челябинск в неделю – 5 штук. Затраты, связанные с организацией доставки машин, независимо

от количества автовозов, составляют 50 000 рублей. Стоимость простоя автомобиля на парковке «Эл – Плюса» 40 рублей в день. Определите сколько автовозов в неделю должно приходить в Челябинск, чтобы обеспечить спрос на автомобили в размере 15 штук в неделю, при условии, что компания не допускает случая нехватки автомобиля.

Вариант 9. Чаеразвесочная фабрика «TeaVom» закупила новое оборудование для формирования чайного сырья, т.е. будущего содержимого чайных пакетиков. Мощность данного оборудования 500 кг. за 5 часов. Приготовленное сырье перемещается в фасовочный цех, где делаются чайные пакетики, либо в хранилище, где необходимо выдерживать специальный влажностный и температурный режим. С учетом затрат на оборудование в комнате хранения и текущих расходов, стоимость хранения оценивается в 5 рублей за 10 кг. чая в час. Фасовочный цех может делать 200000 пакетиков в тот же 5 часовой промежуток. На каждый пакетик используется 2 грамма чайной массы. Определите, партиями какого объема необходимо заготавливать чайную массу, если стоимость запуска оборудования в первом цехе – 2000 рублей, а дополнительные расходы, которые компания понесет в случае простоя оборудования в фасовочном цехе, равняются 1 рублю на 1 кг. чая. Какова величина затрат компании на один производственный цикл?

Вариант 10. Со склада компании «Дом стекла» продаются готовые стеклопакеты для крупных застройщиков. Цех компании может производить до 450 стеклопакетов в неделю. Стандартный договор компании с покупателями содержит пункт о том, что в случае отсутствия достаточного количества стеклопакетов на складе, компания осуществляет допоставку позже, но при этом выплачивает пени в 350 рублей за каждый стеклопакет за неделю ожидания. Стоимость хранения одного готового стеклопакета на складе обходится в 50 рублей в день. Еженедельный спрос составляет в среднем 350 стеклопакетов в неделю. Стоимость запуска производственного цикла в цехе, независимо от количества произведенных стеклопакетов, экономисты оцениваю в 5000 рублей. Определите величину максимального дефицита, который может возникнуть на

складе компании, если она пытается минимизировать свои затраты, связанные с хранением товара, размещением заказа и возможными потерями от дефицита. Также рассчитайте оптимальный размер партии стеклопакетов, которую необходимо производить компании. Неделя равна 7 дням, все рабочие.

Вариант 11. В настоящий момент поставщик мебельной фурнитуры позволяет себе заключать договора на произведенный товар в количестве 100 единиц. Согласно таким договорам покупатель платит за каждую единицу фурнитуры на 2% меньше ее продажной цены за каждый день просрочки. Средняя стоимость продукции завода 500 рублей. Затраты связанные с запуском производственного цеха составляют 16000 рублей. Максимальная мощность производственного отдела 800 изделий в неделю. Хранение одного изделия в магазине обходится в 5 рублей в день. Спрос составляет в среднем 80 изделий в день. Определите, насколько выбранный компанией объем договоров на произведенный товар соответствует оптимальному возможному дефициту, если бы компания оптимизировала свои затраты. Рассчитайте издержки компании в единицу времени с учетом упущенной выгоды, если себестоимость одной единицы фурнитуры 200 рублей, и оптимальный размер заказа. Неделя равна 7 дням, все рабочие.

Вариант 12. Компания «Цветик-семицветик» продает семена. Компания получает заказы со всей России и рассылает заказы почтой или транспортными компаниями, в зависимости от объема заказа. При этом, в своей рекламе компания утверждает, что отправка заказов осуществляется в день поступления заказа. Если же у компании не оказывается необходимого количества упаковок семян, она досылает их позже, но при этом покупатели платят за них на 20% меньше за каждую неделю просрочки. Упаковочная линия компании способна работать с максимальной интенсивностью 150000 упаковок семян в неделю. Еженедельный спрос составляет в среднем 12000 упаковок. Затраты на хранение семян в специальном холодильнике составляют 4 рубля в неделю. Одна пачка семян стоит в среднем 80 рублей. Запуск фасовочной линии с учетом необходимости наладки, покупки упаковочных материалов и прочего обходится в

6000 рублей. Определите оптимальный объем партии, которую необходимо готовить фасовочному цеху, с учетом средней стоимости одной упаковки в розничной продаже, равной 80 рублям. Отдел продаж и цех работают 7 дней в неделю. Определите протяженность интервала времени, в течении которого у фирмы будет отсутствовать товар на складе. На начало сезона продаж на складе уже находится 20000 упаковок. На какой день после начала продаж необходимо запустить производство?

Вариант 13. На медицинском заводе «Фарммед» в Хабаровске установили новую линию для фасовки бахил в индивидуальные упаковки по 1 паре. Производственный цех изготавливает 50 000 штук бахил в час. Фасовочная линия может произвести за час 20000 пар бахил в индивидуальной упаковке. На заводе 8-часовой рабочий день. Неиспользованные сразу на линии фасовки простые бахилы хранятся в цехе фасовки и их хранение обходится в 70 копеек за упаковку 50 пар в неделю. Необходимые операции для начала производства бахил в производственном цехе оцениваются в 500 рублей. Весь дневной объем производства вечером отправляется поездом в Новосибирск, где находится торговое звено компании. Для этого с транспортной компанией заключен договор, согласно которому компания получает емкости, рассчитанные на дневной объем производства. Если же компания по каким-либо причинам не использует этот объем, то затем она должна оплатить дополнительные транспортные услуги за допоставку товара (10 копеек за каждую пару за неделю). Определите оптимальный объем производства для производственного цеха при условии, что компания желает минимизировать все свои затраты, и максимальный объем товара на складе.

Вариант 14. Кафе «Неаполь» предлагает своим посетителям делать заказы "на вынос". Кухня может делать в среднем 15 пицц в час. Посетители в среднем заказывают пиццу «на вынос» каждые 6 минут. При этом руководство кафе утвердило следующий порядок работы: если в момент заказа готовой пиццы нет, то кафе осуществляет доставку до любого названного клиентом адреса за свой счет. Себестоимость доставки в среднем составляет 50 рублей. Хранение готовой

пиццы в специальном, подогревающем, отсеке печи обходится в 15 рублей в час. Подготовка печи к работе и прочие единовременные расходы оцениваются в 300 рублей. Стоимость одной пиццы в среднем составляет 300 рублей, а стоимость продуктов для ее приготовления – 120 рублей. Определите, какое количество пицц необходимо производить кухне, чтобы постараться удовлетворить спрос и чтобы при этом, издержки кафе были минимальны. Определите прибыль кафе в единицу времени. Ответ округлите.

Вариант 15. В сборочном цехе компьютерной фирмы «dRaft» системные блоки собираются из комплектующих деталей, подготовленных сортировщиками. В среднем производительность сборщиков – 10 системных блоков в час. Сортировщики работают быстрее, и за час собирают 15 наборов комплектующих. Хранение одной коробки, которая вышла с сортировочной линии, но еще не используется сборщиками, оценивается в 10 рублей в час. Если же объем подготовленных комплектов меньше, чем готовы обработать сборщики, то фирм несет убытки, поскольку она вынуждена платить зарплату простаивающим сборщикам. Зарплата одного сборщика 160 рублей в час, а за час он собирает и тестирует 2 системных блока. Определите, сколько наборов комплектующих и как часто необходимо собирать за раз сортировщикам, если необходимо минимизировать затраты компании, а запуск сортировочной ленты и подготовка комплектующих к сортировке обходятся в 300 рублей. Какую долю времени будут простаивать сборщики, при выбранном объеме производства?

Вариант 16. Транспортная компания осуществляет доставку грузов, прибывших морем вглубь страны железнодорожным транспортом. Решается вопрос о том, какого типа кран и автопогрузчики необходимо установить на разгрузочном терминале, чтобы минимизировать издержки компании. Первый тип разгрузочных машин, может подготавливать грузы к погрузке в ЖД вагон с максимальной интенсивностью 12 тонн в час, а второй – 10 тонн в час. Погрузочная станция на ЖД платформе может обслужить лишь 9 тонн в час. Если груза нет для погрузки в ЖД вагоны, то компания платит за простой вагона на погрузочной платформе. В переводе на 1 кг груза это составляет приблизительно

30 копеек в час. Стоимость запуска первого оборудования (с учетом наладки, контроля и прочего) – 8000 рублей, второго - 7000 рублей. Для хранения подвезенного, но еще не погруженного груза есть специальная платформа, хранение товара на которой обходится в 25 копеек в час за кг груза. Определите суммарные издержки в единицу времени для первого и второго типов оборудования, сформулируйте, какую комбинацию кран + погрузчик лучше использовать, каково оптимальное количество выгружаемого груза в единице времени. И сколько времени понадобится компании, для разгрузки выбранным способом корабля, вмещающего 400 тонн груза.

6.4 Задание № 4 Раздел «Математические методы и модели логистики складирования»

Определить максимальный запас товара на складе и периодичность поставки, учитывая что все продукты являются скоропортящимися и возможны потери при их хранении на складе. Стоимость поставки партии, интенсивность естественной убыли продукта хранения, страховой запас, стоимость хранения единицы продукта, максимальный срок хранения, спрос и цены на продукты с июля по май приведены в приложении В.

Краткие теоретические сведения к выполнению задания.

Планировать поставку необходимо на основе модели с учетом естественной порчи продукта хранения [4]. Поставки можно считать мгновенными, дефицит недопустим. В этом случае функция затрат в единицу времени имеет вид:

$$L(S) = \frac{1}{T} \left[h \int_0^T ((S + \lambda / \gamma) e^{-\gamma t} - \lambda / \gamma) dt + g0 + c(S - \lambda T) \right] \rightarrow \min , \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{\gamma} \ln(1 + \gamma S / \lambda), \quad (2)$$

$$S = S^{\text{str}} + S^{\text{post}}, \quad (3)$$

где T - периодичность заказа;

g_0 - фиксированная стоимость поставки партии;

λ - ежедневный спрос;

γ - интенсивность естественной убыли продукта хранения;

S - максимальный запас на складе;

S^{str} - страховой запас;

S^{post} - объем заказываемой партии;

c - стоимость продукта;

h - стоимость хранения единицы продукта.

В модель необходимо добавить ограничения на объем запаса на складе и периодичность поставки.

Ограничение на объем запаса на складе не ниже страхового запаса имеет вид:

$$S \geq S^{\text{str}}, \quad (4)$$

Ограничение на периодичность поставки не больше срока хранения:

$$0 < T \leq T^{\text{хг}}. \quad (5)$$

Далее, полученная задача нелинейного программирования решается с использованием стандартных программных средств MathCad или MathLab.

6.5 Задание № 5 Раздел «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики»

Исследуется система перемещения груза по городским улицам. Задача моделируется графом (рисунок 1), вершины которого - перекрестки или характерные объекты, с помощью которых можно описать перемещение грузов.

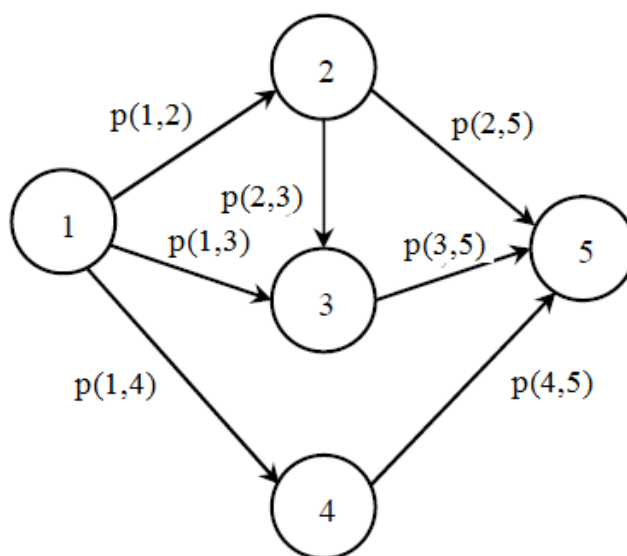


Рисунок 1 – Граф перемещений грузов

Имеются статистические данные о вероятности безаварийного проезда автотранспорта по той или иной улице в том или ином направлении. Веса дуг соответствуют вероятностям безаварийного проезда (приведены в таблице 4 по вариантам). Определить вероятности безаварийного проезда по тому или иному пути.

Таблица 4 - Вероятности безаварийного проезда

Вариант	$p(1,2)$	$p(2,5)$	$p(2,3)$	$p(1,3)$	$p(3,5)$	$p(1,4)$	$p(4,5)$
1	0,3	0,45	0,4	0,2	0,1	0,35	0,55
2	0,35	0,55	0,4	0,25	0,1	0,35	0,55
3	0,3	0,25	0,45	0,25	0,15	0,35	0,55

Продолжение таблицы 4

Вариант	p(1,2)	p(2,5)	p(2,3)	p(1,3)	p(3,5)	p(1,4)	p(4,5)
4	0,3	0,35	0,45	0,2	0,15	0,35	0,65
5	0,25	0,35	0,4	0,2	0,2	0,25	0,55
6	0,15	0,25	0,45	0,2	0,2	0,45	0,25
7	0,45	0,35	0,25	0,3	0,4	0,25	0,15
8	0,35	0,25	0,25	0,3	0,45	0,55	0,15
9	0,15	0,25	0,25	0,35	0,55	0,25	0,45
10	0,5	0,3	0,25	0,3	0,4	0,2	0,15
11	0,35	0,15	0,45	0,5	0,2	0,25	0,15
12	0,15	0,25	0,55	0,35	0,4	0,25	0,15
13	0,5	0,3	0,35	0,15	0,25	0,4	0,55
14	0,15	0,35	0,2	0,25	0,5	0,2	0,1
15	0,25	0,3	0,25	0,35	0,5	0,2	0,1
16	0,2	0,15	0,5	0,2	0,3	0,15	0,15

Рекомендации к выполнению задания и пример приведены в учебном пособии Лубенцовой В.С.[1].

6.6 Задание № 6 Раздел «Математические методы и модели в задачах транспортной логистики»

Возможные маршруты движения грузового транспорта от склада до магазина заданы в виде сети, где магазин соответствует вершине 7, а склад вершине 1. Веса дуг задают расстояние между пунктами. Сформировать кратчайший путь доставки товаров со склада в магазин.

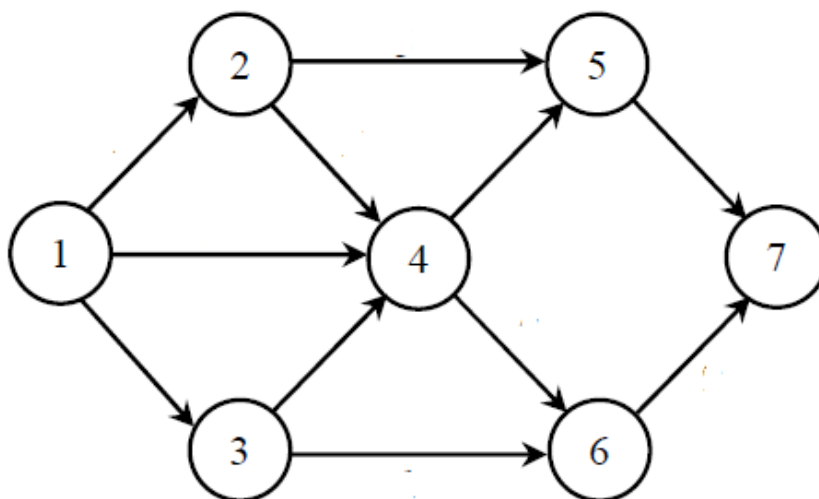


Рисунок 2 – Граф, задающий маршруты движения груза со склада в магазин

Расстояния между пунктами (веса дуг) по вариантам приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Расстояние между пунктами, км.

Вариант	L(1,2)	L(1,4)	L(1,3)	L(2,4)	L(2,5)	L(3,4)	L(3,5)	L(4,5)	L(4,6)	L(5,7)	L(6,7)
1	10	2	3	7	9	11	12	5	6	7	12
2	10	12	13	7	9	11	12	15	6	7	14
3	15	12	13	7	9	11	14	5	6	7	13
4	12	13	8	6	10	15	12	5	9	13	12
5	10	2	6	9	12	17	18	13	8	10	12
6	11	9	8	4	7	10	11	12	13	10	9
7	9	10	7	5	8	11	10	13	12	11	10
8	7	8	6	5	4	6	9	7	3	4	2
9	6	7	4	5	6	7	4	5	3	4	2
10	10	2	3	7	9	17	18	13	8	10	12
11	10	2	3	5	4	6	18	13	8	7	14
12	12	13	12	7	9	11	10	14	12	11	10
13	10	2	3	5	4	6	10	13	12	7	13
14	11	9	6	5	9	17	18	13	12	11	13
15	15	10	7	5	9	17	18	15	6	7	6
16	9	8	13	7	10	11	10	14	12	5	9

Рекомендации к выполнению задания и пример приведены в учебном пособии Лубенцовой В.С.[1].

6.7 Задание № 7 Раздел «Методы и модели сетевого планирования и управления в логистических системах»

Предприятие решило для улучшения финансового состояния наладить выпуск конкурентоспособной продукции. Для преобразования цеха (участка) под выпуск этой продукции необходимо выполнить:

- 1) подготовку технического задания на преобразование участка;
- 2) заказ и поставку нового оборудования;
- 3) заказ и поставку нового электрооборудования;
- 4) демонтаж старого и установку нового оборудования;
- 5) демонтаж старого и установку нового электрооборудования;
- 6) переобучение персонала;
- 7) испытание и сдачу в эксплуатацию оборудования для производства.

Ожидается, что производительность после ввода новой линии составит U_t продукции в смену. Прибыль от реализации составит I (д. ед) в смену. Деньги на покупку и преобразование участка в размере Q тыс. д. ед. взяты в банке под $j\%$ готовых (из расчета $(Q-Y)$ тыс. д. ед. на закупку оборудования и Y тыс. д. ед. на работу по демонтажу старого оборудования и установку нового оборудования). Исходные данные по вариантам приведены в таблице Г.1 приложения Г. Продолжительность работ и затраты на проведение работ в нормальном и максимальном режиме указаны в таблице Г.2. Определить, через какое время может быть возвращен кредит в банк.

Рекомендации к выполнению задания и пример приведены в учебном пособии Лубенцовой В.С.[1].

7 Вопросы к экзамену

- 1) Логистическая цепь. Стадии развития логистических систем
- 2) Закупочная логистика задачи и функции. Закупочная логистика методы определения потребностей. Планирование закупок, методы осуществления закупок.
- 3) Производственная логистика. Управление материальными потоками. Типы гибкости логистических систем. Логистические системы организации производства.
- 4) Сбытовая логистика.
- 5) Складская логистика.
- 6) Транспортная логистика.
- 7) Информационная логистика Классификация информационных систем Логистические информационные системы.
- 8) Виды товарных запасов Виды систем управления запасами
- 9) Организация складов Методы определения количества, места расположения, емкости складов.
- 10) Статические детерминированные модели УЗ. Модели управления запасами с учетом скидок.
- 11) Модели управления запасами с учетом естественной убыли продукта хранения.
- 12) Управление запасами в условиях неопределенности.
- 13) Стохастические модели управления запасами.
- 14) Многономенклатурные задачи управления запасами.
- 15) Виды транспортировок.
- 16) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики (транспортная задача)
- 17) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики (задача о назначениях)

- 18) Применение специальных задач линейного программирования при решении задач транспортной логистики(задача коммивояжера).
- 19) Многопродуктовая транспортная задача.
- 20) Задачи на сетях и графах в логистике: алгоритм построения покрывающего дерева на графе
- 21) Задачи на сетях и графах в логистике: поиск кратчайшего пути в графе
- 22) Задачи на сетях и графах в логистике: поиск максимального потока в сети.
- 23) Основные элементы сетевых моделей. Параметры событий и работ, резервы времени.
- 24) Сетевое планирование в условиях неопределенности.
- 25) Оптимизация сетевых графиков.
- 26) Решение задач оптимизации сетевых графиков на основе векторного представления.

Список использованных источников

1. Лубенцова, В.С. Математические модели и методы в логистике: учебное пособие под редакцией В.П. Радченко. – Самара., Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 157с.
2. Веселова, А.О. Логистика: учеб. пособие для студ. экон. направлений подготовки (бакалавриат) очной и заочной форм обучения/А.О. Веселова, Е.А. Антинескул; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь; 2014.–154 с.
3. Домашова, Д. В. Методы решения задач многокритериальной оптимизации : метод. указ. к лаборат. практикуму и самостоят. работе студентов / Д. В. Домашова, Е. Н. Седова; М-во образования и науки РФ, Гос. образов. учреждение высш. проф. образования "ОГУ", Каф. математ. методов и моделей в экономике. - Оренбург : ГОУ ОГУ – 2008. – 48с.
4. Рыжиков, Ю. И. Теория очередей и управление запасами : учеб. пособие для вузов / Ю. И. Рыжиков. - СПб. : Питер, 2001. - 384 с.
5. Исследование операций в экономике [Текст] : учеб. пособие для вузов / под ред. Н. Ш. Кремера. - М. : Юнити, 2002. - 407 с.
6. Методы принятия оптимальных решений : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 01.03.04 Прикладная математика, 38.03.05 Бизнес-информатика, 38.04.01 Экономика / под ред. А. Г. Реннера ; Р. М. Безбородникова [и др.] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : Университет, 2016. Ч. 1 : . - Оренбург : Университет, 2016. - 245 с.
7. Кореннов С.А. Логистика: учебно-методическое пособие / С.А. Кореннов, Ю.А. Бугай. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. - 83 с.

8. [СТО 02069024.101–2015 РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ. Общие требования и правила оформления.](http://www.osu.ru/docs/official/standart/standart_101-2015.pdf) – Оренбург: ОГУ, 2015. – Режим доступа: [http://www.osu.ru/docs/official/standart/standart_101-2015 .pdf](http://www.osu.ru/docs/official/standart/standart_101-2015.pdf).

9. СТО 02069024.110 – 2008. Издания для образовательного процесса. Общие требования и правила оформления. – Введ. 2011-11-01. –Оренбург, 2011. – 74с.

Приложение А

(обязательное)

Исходные данные к заданию 1

Таблица А.1 - Динамика цен на поставляемые товары

Поставщик	Месяц	Товар	Объем поставки, ед./мес.	Цена за ед., руб.
№1	Январь	А	2000	10
	Январь	В	1000	5
№2	Январь	А	9000	9
	Январь	В	6000	4
№1	Февраль	А	1200	11
	Февраль	В	1200	6
№2	Февраль	А	7000	10
	Февраль	В	10000	6

Таблица А.2 - Динамика поставки товаров ненадлежащего качества(варианты 1-8)

Поставщик	Месяц	Количество товара ненадлежащего качества (по вариантам)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
№1	Январь	75	70	125	180	210	150	75	70
	Февраль	120	115	100	340	250	200	110	100
№2	Январь	300	280	150	120	230	100	300	280
	Февраль	425	402	360	80	90	130	325	400

Таблица А.3 - Динамика поставки товаров ненадлежащего качества (варианты 9-16)

Поставщик	Месяц	Количество товара ненадлежащего качества (по вариантам)								
		9	10	11	12	13	14	15	16	
№1	Январь	85	90	65	100	95	70	75	80	
	Февраль	110	120	115	95	85	130	130	95	
№2	Январь	250	220	160	140	190	170	270	250	
	Февраль	325	250	270	170	150	120	225	300	

Таблица А.4 - Динамика нарушений установленных сроков поставки (N-номер варианта)

Поставщик №1			Поставщик №2		
Месяц	Кол-во поставок, ед.	Всего опозданий, дн.	Месяц	Кол-во поставок, ед.	Всего опозданий, дн.
Январь	8	20+N	Январь	10	40+N
Февраль	7	30+N	Февраль	12	32+N

Таблица А.5 - Веса показателей (по вариантам)

Вариант	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
Цена	0,5	0,45	0,2	0,45	0,1	0,1	0,4	0,25
Качество	0,3	0,35	0,3	0,25	0,3	0,4	0,25	0,35
Надежность	0,2	0,2	0,5	0,3	0,6	0,5	0,35	0,4

Приложение Б

(обязательное)

Исходные данные к заданию 2

Таблица Б.1 – Исходные данные к заданию 2 по вариантам

Вариант	Исходные данные								
1	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	70	80	100	120	130	170	0,95
	$P(Q^П)$	0,2	0,1	0,15	0,2	0,15	0,15	0,05	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	40	80	95	100	110	140	190	260
	$P(Q^В)$	0,1	0,2	0,2	0,15	0,1	0,2	0,05	
2	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	60	80	90	110	130	140	180	0,65
	$P(Q^П)$	0,15	0,1	0,2	0,15	0,3	0,05	0,05	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	50	90	105	110	120	150	200	260
	$P(Q^В)$	0,05	0,25	0,1	0,2	0,1	0,25	0,05	
3	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	60	70	80	110	130	150	0,9
	$P(Q^П)$	0,1	0,2	0,15	0,15	0,05	0,15	0,2	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	60	70	80	90	100	120	150	300
	$P(Q^В)$	0,05	0,15	0,2	0,15	0,1	0,15	0,2	
4	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	30	40	60	80	100	120	150	0,9
	$P(Q^П)$	0,15	0,2	0,1	0,15	0,2	0,1	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	20	40	50	70	100	120	150	300
	$P(Q^В)$	0,05	0,05	0,3	0,2	0,15	0,15	0,1	
5	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	40	50	60	80	100	150	200	0,95
	$P(Q^П)$	0,15	0,2	0,1	0,05	0,15	0,25	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	50	60	70	80	100	150	200	280
	$P(Q^В)$	0,3	0,15	0,05	0,2	0,15	0,05	0,1	
6	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	80	110	120	150	170	200	0,95
	$P(Q^П)$	0,15	0,15	0,15	0,2	0,05	0,15	0,15	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	40	60	100	120	150	170	200	320
	$P(Q^В)$	0,2	0,15	0,05	0,05	0,15	0,2	0,2	

Продолжение таблицы Б.1

Вариант	Исходные данные								
7	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	60	80	90	110	120	140	150	0,9
	$P(Q^П)$	0,15	0,2	0,15	0,05	0,25	0,1	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	70	80	90	100	120	130	150	250
$P(Q^В)$	0,15	0,05	0,2	0,2	0,15	0,1	0,15		
8	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	40	50	60	80	100	110	130	0,95
	$P(Q^П)$	0,2	0,15	0,2	0,15	0,1	0,15	0,05	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	30	40	50	90	100	120	130	280
$P(Q^В)$	0,05	0,15	0,2	0,2	0,15	0,05	0,2		
9	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	60	80	100	110	130	160	0,95
	$P(Q^П)$	0,1	0,05	0,15	0,3	0,2	0,15	0,05	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	40	60	70	80	110	130	140	280
$P(Q^В)$	0,2	0,15	0,05	0,2	0,15	0,05	0,2		
10	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	30	40	60	80	90	110	140	0,65
	$P(Q^П)$	0,1	0,05	0,15	0,2	0,25	0,15	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	20	40	50	60	90	110	120	290
$P(Q^В)$	0,2	0,15	0,15	0,05	0,25	0,1	0,1		
11	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	60	70	90	110	120	140	170	0,9
	$P(Q^П)$	0,15	0,2	0,15	0,05	0,25	0,1	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	60	80	90	100	130	150	160	280
$P(Q^В)$	0,1	0,05	0,15	0,25	0,15	0,2	0,1		
12	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	80	90	110	130	140	160	190	0,9
	$P(Q^П)$	0,05	0,25	0,15	0,15	0,2	0,15	0,05	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	80	100	110	120	150	170	180	320
$P(Q^В)$	0,15	0,2	0,2	0,05	0,2	0,15	0,05		
13	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	70	80	100	120	130	150	180	0,95
	$P(Q^П)$	0,2	0,1	0,15	0,05	0,15	0,2	0,15	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	70	90	100	110	130	140	150	280
$P(Q^В)$	0,1	0,2	0,25	0,05	0,15	0,1	0,15		

Продолжение таблицы Б.1

Вариант	Исходные данные								
14	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	60	80	100	110	140	150	0,95
	$P(Q^П)$	0,05	0,15	0,2	0,15	0,2	0,1	0,15	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	50	70	80	90	120	140	150	300
$P(Q^В)$	0,2	0,05	0,15	0,05	0,15	0,2	0,2		
15	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	80	90	110	120	130	150	180	0,9
	$P(Q^П)$	0,15	0,2	0,15	0,2	0,05	0,15	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	80	90	100	110	140	160	180	280
$P(Q^В)$	0,05	0,15	0,2	0,15	0,25	0,15	0,05		
16	Суточное прибытие грузов								P^*
	$Q^П$	50	70	80	100	120	130	170	0,95
	$P(Q^П)$	0,05	0,15	0,15	0,2	0,2	0,15	0,1	
	Суточное отправление грузов								T
	$Q^В$	60	70	80	90	100	120	150	300
$P(Q^В)$	0,15	0,2	0,15	0,05	0,15	0,2	0,1		

Приложение В

(обязательное)

Исходные данные к заданию 4

Таблица В.1 – Исходные данные к заданию 4 (по вариантам)

Вариант	1-3	4-5	6-9	10-13	14-16
Продукт	Помидоры	Огурцы	Грибы	Картофель	Перец желтый
Фиксированная стоимость поставки партии, руб.	500	500	500	500	500
Интенсивность естественной убыли продукта хранения, кг/день	0.12	0.12	0.08	0.08	0.1
Страховой запас, кг/день	0.22	0.157	0.157	0.3	0.5
Стоимость хранения единицы продукта, руб. за кг. в день	15	12	10	6	12
Макс. срок хранения, дней	7	10	10	30	15

В таблице В.2 приведены данные о спросе на продукты с июля по май.

Таблица В.2 – Спрос на продукты с июля по май, кг.

вариант	Наименование продукта	Месяц года									
		07	08	09	10	11	12	1	2	3	4
1	Грибы сырые	16	16	17	18	20	20	19	21	20	18
2	Грибы сырые	15	16	17	18	20	25	22	21	20	18
3	Грибы сырые	14	16	17	19	20	23	19	20	19	18
4	Помидоры свежие	32	30	28	30	25	28	27	30	25	28
5	Помидоры свежие	31	30	29	31	32	28	27	30	26	28
6	Помидоры свежие	32	27	28	28	25	29	27	31	25	24
7	Картофель	88	70	80	75	70	80	82	76	75	84
8	Картофель	87	72	82	78	75	83	82	77	75	83
9	Картофель	84	73	85	79	78	83	82	76	75	80
10	Огурцы свежие	15	20	18	22	20	15	18	13	17	23
11	Огурцы свежие	14	19	17	21	19	15	17	15	16	22
12	Огурцы свежие	13	17	16	22	22	15	18	14	18	12
13	Огурцы свежие	12	18	19	23	21	15	16	15	15	20
14	Перец желтый	10	7	7	10	15	17	18	13	12	11
15	Перец желтый	11	8	7	10	15	18	18	15	13	13
16	Перец желтый	12	9	10	13	15	17	18	14	13	13

В таблице В.3 приведены данные о ценах на продукты с июля по май.

Таблица В.3 – Цена на продукты с июля по май, руб.

Наименование продукта	Месяц года									
	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4
Помидоры свежие	80	80	85	85	120	185	165	180	180	175
Картофель	13	13	16	16	18	18	18	18	18	18
Огурцы свежие	30	30	35	35	100	200	165	150	150	130
Грибы сырые	230	230	230	230	280	300	250	230	250	250
Перец желтый	180	180	180	190	200	230	230	220	210	210

Приложение Г

(обязательное)

Исходные данные к заданию 7

Таблица Г.1 – Исходные данные к заданию 7

Вариант 1					Вариант 9				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
20	0,5	2000	500	20	21	0,6	3000	500	20
Вариант 2					Вариант 10				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
18	0,4	4000	1000	15	19	0,5	3000	750	15
Вариант 3					Вариант 11				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
17	0,3	3000	750	18	18	0,4	4000	1000	18
Вариант 4					Вариант 12				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
21	0,6	4000	1000	22	22	0,7	2000	500	25
Вариант 5					Вариант 13				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
15	0,4	2000	500	16	16	0,5	4000	1000	16
Вариант 6					Вариант 14				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
14	0,3	4000	1000	17	15	0,4	3000	750	17
Вариант 7					Вариант 15				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
13	0,5	2000	500	14	14	0,6	2500	625	14
Вариант 8					Вариант 16				
U	I	Q	Y	j	U	I	Q	Y	j
22	0,6	4000	1000	21	23	0,7	3500	875	21

Столбец «наклон» в таблице 15 задает наклон прямой, задающий линейную аппроксимацию кривой «затраты-продолжительность».

Таблица Г.2 – Продолжительность работ и затраты на проведение работ в нормальном и максимальном режиме

Вариант 1						Вариант 9					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	Продолжительность, дн.	Затраты, тыс. д. ед.	Продолжительность, дн.	Затраты, тыс. д. ед.			Продолжительность, дн.	Затраты, тыс. д. ед.	Продолжительность, дн.	Затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	30	20	25	30	2	1 (0,1)	45	25	40	35	2
2 (1,2)	60	40	45	60	1,3	2 (1,2)	75	45	60	65	1,3
3 (1,3)	50	30	40	40	1	3 (1,3)	65	35	55	45	1
4 (2,4)	90	70	70	100	1,5	4 (2,4)	105	75	85	105	1,5
5 (3,4)	80	60	65	70	0,7	5 (3,4)	95	65	80	75	0,7
6 (1,4)	30	25	20	35	1	6 (1,4)	45	30	35	40	1
7 (4,5)	20	20	17	25	1,7	7 (4,5)	35	25	32	30	1,7
Итого:	360	265	282	360		Итого:	465	300	387	395	
Вариант 2						Вариант 10					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	25	18	20	28	2	1 (0,1)	40	23	35	33	2
2 (1,2)	45	35	30	55	1,3	2 (1,2)	60	40	45	60	1,3
3 (1,3)	56	25	46	35	1	3 (1,3)	71	30	61	40	1
4 (2,4)	78	60	58	90	1,5	4 (2,4)	93	65	73	95	1,5
5 (3,4)	75	50	60	60	0,7	5 (3,4)	90	55	75	65	0,7
6 (1,4)	35	30	25	40	1	6 (1,4)	50	35	40	45	1
7 (4,5)	22	25	19	30	1,7	7 (4,5)	37	30	34	35	1,7
Итого:	336	243	258	338		Итого:	441	278	363	373	

Продолжение таблицы Г.2

Вариант 3						Вариант 11					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	32	25	27	35	2	1 (0,1)	47	30	42	40	2
2 (1,2)	55	50	40	70	1,3	2 (1,2)	70	55	55	75	1,3
3 (1,3)	45	35	35	45	1	3 (1,3)	60	40	50	50	1
4 (2,4)	95	65	75	95	1,5	4 (2,4)	110	70	90	100	1,5
5 (3,4)	75	70	60	80	0,7	5 (3,4)	90	75	75	85	0,7
6 (1,4)	20	23	10	33	1	6 (1,4)	35	28	25	38	1
7 (4,5)	15	20	12	25	1,7	7 (4,5)	30	25	27	30	1,7
Итого:	337	288	259	383		Итого:	442	323	364	418	
Вариант 4						Вариант 12					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	40	30	35	40	2	1 (0,1)	55	35	50	45	2
2 (1,2)	70	50	55	70	1,3	2 (1,2)	85	55	70	75	1,3
3 (1,3)	60	40	50	50	1	3 (1,3)	75	45	65	55	1
4 (2,4)	100	80	80	110	1,5	4 (2,4)	115	85	95	115	1,5
5 (3,4)	90	70	75	80	0,7	5 (3,4)	105	75	90	85	0,7
6 (1,4)	40	30	30	40	1	6 (1,4)	55	35	45	45	1
7 (4,5)	30	30	27	35	1,7	7 (4,5)	45	35	42	40	1,7
Итого:	430	330	352	425		Итого:	535	365	457	460	

Продолжение таблицы Г.2

Вариант 5						Вариант 13					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	20	15	15	25	2	1 (0,1)	35	20	30	30	2
2 (1,2)	50	20	35	40	1,3	2 (1,2)	65	25	50	45	1,3
3 (1,3)	40	20	30	30	1	3 (1,3)	55	25	45	35	1
4 (2,4)	80	60	60	90	1,5	4 (2,4)	95	65	75	95	1,5
5 (3,4)	70	50	55	60	0,7	5 (3,4)	85	55	70	65	0,7
6 (1,4)	20	15	10	25	1	6 (1,4)	35	20	25	30	1
7 (4,5)	15	10	12	15	1,7	7 (4,5)	30	15	27	20	1,7
Итого:	295	190	217	285		Итого:	400	225	322	320	
Вариант 6						Вариант 14					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	50	15	45	25	2	1 (0,1)	65	20	60	30	2
2 (1,2)	70	50	55	70	1,3	2 (1,2)	85	55	70	75	1,3
3 (1,3)	60	35	50	45	1	3 (1,3)	75	40	65	50	1
4 (2,4)	100	80	80	110	1,5	4 (2,4)	115	85	95	115	1,5
5 (3,4)	90	50	75	60	0,7	5 (3,4)	105	55	90	65	0,7
6 (1,4)	40	30	30	40	1	6 (1,4)	55	35	45	45	1
7 (4,5)	30	25	27	30	1,7	7 (4,5)	45	30	42	35	1,7
Итого:	440	285	362	380		Итого:	545	320	467	415	

Продолжение таблицы Г.2

Вариант 7						Вариант 15					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	37	25	32	35	2	1 (0,1)	52	30	47	40	2
2 (1,2)	55	30	40	50	1,3	2 (1,2)	70	35	55	55	1,3
3 (1,3)	45	15	35	25	1	3 (1,3)	60	20	50	30	1
4 (2,4)	85	60	65	90	1,5	4 (2,4)	100	65	80	95	1,5
5 (3,4)	75	50	60	60	0,7	5 (3,4)	90	55	75	65	0,7
6 (1,4)	25	15	15	25	1	6 (1,4)	40	20	30	30	1
7 (4,5)	18	25	15	30	1,7	7 (4,5)	33	30	30	35	1,7
Итого:	340	220	262	315		Итого:	445	255	367	350	
Вариант 8						Вариант 16					
Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон	Работа	Нормальный режим		Максимальный режим		Наклон
	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.			продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	продолжительность, дн.	затраты, тыс. д. ед.	
1 (0,1)	45	40	40	50	2	1 (0,1)	60	45	55	55	2
2 (1,2)	55	50	40	70	1,3	2 (1,2)	70	55	55	75	1,3
3 (1,3)	65	40	55	50	1	3 (1,3)	80	45	70	55	1
4 (2,4)	110	90	90	120	1,5	4 (2,4)	125	95	105	125	1,5
5 (3,4)	90	70	75	80	0,7	5 (3,4)	105	75	90	85	0,7
6 (1,4)	40	35	30	45	1	6 (1,4)	55	40	45	50	1
7 (4,5)	30	25	27	30	1,7	7 (4,5)	45	30	42	35	1,7
Итого:	435	350	357	445		Итого:	540	385	462	480	