

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛОГИСТИКА. ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением по образованию
в области сельского хозяйства в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования,
обучающихся по специальности 1-74 01 01 Экономика и организация
производства в отраслях агропромышленного комплекса*

Минск
БГАТУ
2018

УДК 339.18(07)
ББК 65.291.59я7
Л69

Авторы:

заведующий кафедрой информационных технологий
и моделирования экономических процессов
кандидат педагогических наук, доцент *О. Л. Сапун* (п. п. 1, 7, 9, 16, 17, 18),
доцент, кандидат экономических наук *А. С. Марков* (п. п. 3, 4),
старший преподаватель *Е. И. Подашевская* (п. п. 6, 10, 11, 12, 13, 16),
ассистент *М. М. Кондровская* (п. п. 2, 4, 5, 8, 10, 14, 15)

Рецензенты:

кафедра организации производства в АПК БГСХА
(заведующий кафедрой кандидат экономических наук,
доцент *Т. Л. Хроменкова*);
заведующий кафедрой менеджмента технологий
Института бизнеса и менеджмента технологий БГУ
кандидат технических наук, доцент *Ю. Н. Силкович*

Логистика. Практикум : учебно-методическое пособие /
Л69 О. Л. Сапун [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 184 с.
ISBN 978-985-519-898-8.

Практикум включает 18 практических работ и индивидуальных заданий, в которых представлены экономические, экономико-математические методы логистики, направленные на оптимизацию издержек и длительности циклов производства и обращения товарной продукции различных производственных структур и их подразделений.

Для студентов высших учебных заведений, специалистов производственной сферы, занятых в процессах материально-технического обеспечения, распределения товарной продукции, транспортном обслуживании, организации производства.

УДК 339.18(07)
ББК 65.291.59я7

ISBN 978-985-519-898-8

© БГАТУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1. Характерные особенности логистических систем	5
Практическая работа № 2. Определение рейтинга поставщика.....	12
Практическая работа № 3. Выбор поставщика методом оценки затрат.....	24
Практическая работа № 4. Оптимизация размера производственной партии	33
Практическая работа № 5. Определение длительности производственного цикла обработки партии деталей.....	42
Практическая работа № 6. Оптимизация финансовых рисков производителей и посредников в процессе реализации товара	49
Практическая работа № 7. Оптимизация размера заказа материальных запасов	65
Практическая работа № 8. Системы управления запасами	70
Практическая работа № 9. Управление запасами с применением ABC–XYZ-анализа.....	80
Практическая работа № 10. Методы определения места расположения распределительного центра	93
Практическая работа № 11. Расчет полезной площади склада	100
Практическая работа № 12. Расчет и построение номограмм нагрузок машин и механизмов на базах и складах.....	109
Практическая работа № 13. Определение оптимальных транспортных маршрутов	114
Практическая работа № 14. Оптимизация маятниковых маршрутов с обратным холостым пробегом.....	130
Практическая работа № 15. Оптимизация кольцевых развозочных маршрутов.....	148
Практическая работа № 16. Обоснование оптимального соотношения погрузочно-разгрузочных и транспортных машин при вероятностном характере прибытия транспортных средств	160
Практическая работа № 17. Информационные системы и технологии в логистике.....	167
Практическая работа № 18. Определение оптимального объема уровня логистического сервиса.....	173
Список литературы.....	182

ВВЕДЕНИЕ

Цель дисциплины «Логистика» заключается в формировании у будущих специалистов системы профессиональных знаний, умений и практических навыков по управлению материальными и связанными с ними финансовыми и информационными потоками, направленными на оптимизацию издержек и длительностей циклов производства и обращения готовой продукции.

Оптимизация издержек предусматривает обеспечение минимально необходимого уровня затрат на создание и реализацию продукции (услуг) требуемого качества, что в результате позволяет получать максимальный размер прибыли.

Достижение данной цели обуславливает разработку и внедрение непосредственно в практику хозяйственной деятельности соответствующих логистических методов, методик, приемов и средств. Это пособие поможет сформировать у будущих специалистов комплексные прикладные навыки, позволяющие в процессе управления материальными потоками достигать оптимальной величины издержек и длительностей циклов производства и обращения готовой продукции.

В практикуме представлены практические задания к практическим занятиям курса «Логистика». Указаны цели занятий, краткая теория по темам работ, методические указания к решению заданий. Рассмотрены практические задачи по следующим разделам курса: «Закупочная логистика», «Логистика запасов», «Производственная логистика», «Транспортная логистика», «Складская логистика», «Распределительная логистика», «Информационная логистика», «Логистика сервиса».

Структура и содержание практикума соответствуют направлению и стадийности движения материальных потоков в агропромышленных организациях.

Практическая работа № 1

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Цель работы: изучить основные понятия логистики, характерные особенности логистических систем.

Вопросы для изучения к заданию 1:

1. Определение термина «логистика».
2. Задачи для различных областей логистики.
3. Основные звенья логистической системы.
4. Логистическая цепь, канал, система.
5. Элементы логистической системы.
6. Логистическая операция и функция.

Задание 1. Приведите определения и виды основных понятий логистики в табличной форме (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Определения и виды основных понятий логистики

Понятие	Определение	Виды
Поток		
Логистическое звено		
Логистическая цепь		
Логистическая система		
Логистическая функция		
Логистическая операция		

Вопросы для изучения к заданию 2:

1. История возникновения логистики.
2. Факторы развития логистики.
3. Этапы развития логистики. Сравнительная характеристика традиционного и логистического подходов к управлению.
4. Цели и принципы логистики.
5. Уровни развития логистики.
6. Перспективы развития логистики в Республике Беларусь.

Задание 2. Опишите цели и задачи на каждом этапе логистики в табличной форме (табл. 1.2). Что принципиально изменилось на каждом уровне? Каковы основные приоритеты?

Таблица 1.2

Этапы развития логистики. Их цели и задачи

Этапы развития логистики	Цели	Задачи
Первый этап		
Второй этап		
Третий этап		

Задание 3. Организовать логистическую деятельность в ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат». ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» – один из крупнейших производителей сыров, масла и цельномолочной продукции в Республике Беларусь. Весь ассортимент продукции ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» – более 160 видов изделий. В ассортиментном перечне – сычужные сыры, масло и спреды, плавленые сыры, цельномолочная продукция, майонез, мороженое, сухие молочные продукты.

Служба логистики подчиняется заместителю директора по логистике. Структурно служба логистики состоит из отдела транспортного обслуживания, отдела складского хозяйства, отдела информационного обеспечения. В организационной структуре руководитель службы логистики функционально подчинен коммерческому директору компании. Выбор в части построения структуры отдела сделан в пользу линейности, т. е. четко выражены линейные направления: отдел транспорта, отдел складского хозяйства, отдел информационного обеспечения.

Разработайте количественные и качественные показатели, критерии работы логистической службы в ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат» согласно табл. 1.3.

Таблица 1.3

Основные цели и функции отделов в ОАО «Слуцкий сыродельный комбинат»

Подразделение	Цели	Функции
Отдел транспортного обслуживания	Своевременная доставка молока	Организация доставки готовой продукции покупателям

Окончание таблицы 1.3

Подразделение	Цели	Функции
	Отсутствие претензии со стороны покупателей по качеству полученной продукции	Организация доставки сырья и материалов
	Сокращение затрат на перевозку грузов до 5 % от грузооборота	Выбор видов транспорта. Организация транспортного обслуживания персонала компании
Отдел складского хозяйства	Отсутствие потерь продукции из-за некачественного хранения	Управление складом. Погрузоразгрузочные работы
	Отсутствие излишков и недостачи продукции и сырья	Упаковочные работы
	Контроль сроков годности продукции, сырья	Доработка продукции
Отдел информационного обеспечения	Своевременное выполнение заявок клиентов	Учет и обработка заказов
	Сокращение времени обслуживания клиентов в торговом зале	Прием заявок клиентов в торговом зале. Контроль доставки продукции по заявкам

Задание 4. Дайте правильные ответы на вопросы тестов.

Первый этап совершенствования логистики – это:

1. 60-е годы XX в.
2. 80-е годы XX в.
3. Настоящее время.

Второй этап совершенствования логистики – это:

1. 60-е годы XX в.
2. 80-е годы XX в.
3. Настоящее время.

Третий этап совершенствования логистики – это:

1. 60-е годы XX в.
2. 80-е годы XX в.
3. Настоящее время.

Выберите правильное определение:

1. Логистика – наука о планировании, управлении и контроле поступающего на предприятие, обрабатываемого там и покидающего это предприятие материального потока и соответствующего ему информационного потока.

2. Логистика – это искусство и наука определения потребностей, а также приобретения, распределения и содержания в рабочем состоянии в течение всего жизненного цикла всего того, что обеспечивает эти потребности.

3. Правильное определение здесь не приведено.

В зависимости от расположения относительно конкретной логистической системы различают материальные потоки:

1. Внешние и внутренние.
2. Двухсторонние и односторонние.
3. Входные и выходные.
4. Крупные и мелкие.
5. Эффективные и неэффективные.

Выберите правильное определение логистической операции:

1. Это грузы, детали, товарно-материальные ценности и т. д., рассматриваемые в процессе приложения к ним различных логистических операций и отнесенные к временному интервалу.

2. Это элементарная (неделимая) часть технологического или организационного процесса логистики, направленная на преобразование материальных потоков и связанных с ними информационных процессов.

3. Это комплекс логистических операций, осуществляемых на одном рабочем месте и составляющих часть конкретной логистической функции.

Задания для управляемой самостоятельной работы

1. Овладев знаниями, предусмотренными данной темой, необходимо подготовить материал самостоятельной работы по варианту (номер студента в журнале преподавателя) согласно табл. 1.4.

2. Работу выполнить на персональном компьютере без пропусков и сокращений слов на листах формата А4 в соответствии со стандартом.

3. Ссылки на литературные источники, официальные материалы или нормативно-правовые документы давать в тексте после соответствующей фразы в квадратных скобках с указанием номера литературного источника по списку литературы в самостоятельной работе и номера страницы в источнике, в котором напечатан цитируемый материал.

4. Все страницы самостоятельной работы нумеруются. Объем работы – 10–15 страниц.

5. Оформленную с соблюдением всех перечисленных требований самостоятельную работу студент сдает на проверку преподавателю.

Вопросы для выполнения управляемой самостоятельной работы определяются по варианту в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Вопросы для выполнения управляемой самостоятельной работы

Вариант	Вопрос 1	Вопрос 2	Вариант	Вопрос 1	Вопрос 2
1	1	26	2	14	39
3	2	27	4	15	40
5	3	28	6	16	41
7	4	29	8	17	42
9	5	30	10	18	43
11	6	31	12	19	44
13	7	32	14	20	45
15	8	33	16	21	46
17	9	34	18	22	47
19	10	35	20	23	48
21	11	36	22	24	49
23	12	37	24	25	50
25	13	38	26	26	6

Вопросы для управляемой самостоятельной работы

1. Понятие и сущность логистики.
2. Этапы развития логистики.
3. Современная концепция логистики.
4. Цель, задачи и функции логистики.

5. Виды логистики.
6. Информационные потоки в логистике.
7. Принципы организации логистической информации.
8. Логистические информационные системы.
9. Принципы построения логистических систем.
10. Организационная структура отдела логистики предприятия.
11. Происхождение термина «логистика». Развитие понятия «логистика».
12. Принципы логистики.
13. Основные положения логистики.
14. Сущность и виды логистических систем.
15. Свойства логистических систем. Типы логистических систем.
16. Функциональные составляющие логистического цикла.
17. Материальный поток и его характеристики.
18. Виды материальных потоков.
19. Суть, виды и основные характеристики каналов распределения.
20. Современные тенденции в распределении товаров.
21. Системный подход к решению логистических задач.
22. Эффективность логистической системы, подходы к ее оценке.
23. Управление логистическими затратами.
24. Методы логистического управления.
25. Логистические цепи.
26. Материальные запасы.
27. Количественные и качественные показатели материального потока.
28. Управление материальными потоками.
29. Логистические информационные системы.
30. Какими факторами были обусловлены этапы исторического развития логистики?
31. Каковы основные этапы развития логистики?
32. Как менялся уровень охвата различных сфер деятельности предприятий в процессе развития логистики?
33. Как менялся уровень достижений научно-технического прогресса (НТП) на каждом из этапов развития логистики?
34. Каковы современные тенденции развития логистики?
35. В чем выражается глобализация бизнеса?
36. Можно ли назвать глобализацию фактором, обуславливающим развитие логистики, и почему?

37. Каковы источники экономического эффекта от использования логистики?

38. Каким образом каждый из источников экономического эффекта от использования логистики позволяет увеличить экономическую эффективность деятельности предприятий?

39. Перечислите важнейшие достижения научно-технического прогресса (НТП) в области средств связи и информатики, которые позволили реализовать идеи логистического управления на практике.

40. Основные понятия и определения в логистике.

41. Понятие потока. Дайте определение каждому из видов потоков, управляемых логистикой, укажите их размерности.

42. Перечислите и объясните признаки классификации и виды каждого из видов потоков, управляемых логистикой.

43. Понятие логистических операций, их классификация, примеры.

44. Приведите определение понятия «система».

45. Раскройте суть каждого из свойств, которыми должна обладать система.

46. Приведите собственные конкретные примеры логистических систем и определите наличие в них всех свойств системы.

47. Объект и предмет изучения логистики. Цель логистического управления.

48. Шесть правил логистики.

49. Классификация задач логистики.

50. Классификация основных функций логистики.

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЙТИНГА ПОСТАВЩИКА

Цель работы: выполнить оценку поставщиков по показателям цены, надежности и качества поставляемого товара.

Теоретические сведения

1. Расчет средневзвешенного темпа роста цен:

$$\bar{T}_u = \sum_{i=1}^n T_{wi} d_i, \quad (1)$$

где T_{wi} – темп роста цены на i -й товар;

d_i – доля i -й разновидности товара в общем объеме поставок;

n – количество поставляемых разновидностей товара.

Темп роста цены на i -й товар рассчитывается по формуле

$$T_{wi} = \frac{P_{i1}}{P_{i0}} 100, \quad (2)$$

где P_{i1} – цена i -го товара в последнем периоде;

P_{i0} – цена i -го товара в предшествующем периоде.

Доля i -й разновидности товара в общем объеме поставок рассчитывается по формуле

$$d_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (3)$$

где S_i – сумма, на которую поставлен i -й товар в последнем периоде.

2. Расчет темпа роста поставки товаров ненадлежащего качества:

$$T_{н.к} = \frac{d_{н.к.1}}{d_{н.к.0}} 100, \quad (4)$$

где $d_{н.к.1}$ – доля товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок в последнем периоде;

$d_{н.к.0}$ – доля товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок в предшествующем периоде.

Доля товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок

$$d_{н.к} = \frac{S_{н.к.1}}{S_{пост}}, \quad (5)$$

где $S_{н.к.1}$ – количество товара ненадлежащего качества соответствующего поставщика в периоде;

$S_{пост}$ – объем поставки товаров в отдельно взятом периоде.

3. Расчет темпа роста среднего опоздания:

$$T_{н.п} = \frac{O_{ср1}}{O_{ср0}} 100, \quad (6)$$

где $O_{ср1}$ – среднее число опозданий на одну поставку в текущем периоде, дней;

$O_{ср0}$ – среднее число опозданий на одну поставку в предшествующем периоде, дней.

При этом среднее число опозданий на одну поставку рассчитывается по формуле

$$O_{ср} = \frac{\text{число дней опозданий}}{\text{количество поставок}} 100. \quad (7)$$

4. Вывод по сумме произведения оценки на вес показателя.

Задача 1. Для принятия решения о пролонгировании договорных отношений с одним из поставщиков произвести оценку их деятельности на основе следующих данных. Известно, что в течение двух месяцев фирма получала от поставщиков 1 и 2 товары А и Б. Динамика цен на поставляемую продукцию, динамика поставки некачественных товаров, а также динамика нарушения поставщиками сроков поставок представлены в табл. 2.1–2.3.

Таблица 2.1

Динамика цен на поставляемые товары

Поставщик	Месяц	Товар	Объем поставки, ед./мес.	Цена за единицу, руб.
1	Март	А	1000	5
		Б	550	3
2	Март	А	5000	4
		Б	2500	2

Окончание таблицы 2.1

Поставщик	Месяц	Товар	Объем поставки, ед./мес.	Цена за единицу, руб.
1	Апрель	А	1500	6
		Б	1000	4
2	Апрель	А	4500	5
		Б	5000	4

Таблица 2.2

Динамика поставки товаров ненадлежащего качества

Месяц	Поставщик	Качество товара ненадлежащего качества, поставленного в течение месяца, ед.
Март	1	30
	2	200
Апрель	1	75
	2	320

Таблица 2.3

Динамика нарушения установленных сроков поставки

Месяц	Поставщик 1		Поставщик 2	
	Количество поставок, ед.	Всего опозданий, дней	Количество поставок, ед.	Всего опозданий, дней
Март	7	28	12	48
Апрель	5	40	10	40

Выполнить оценку поставщиков по показателям цены, надежности и качества поставляемого товара. При расчете рейтинга поставщиков принять следующие веса показателей: цена – 0,6; качество поставляемых товаров – 0,2; надежность поставки – 0,2.

Методические рекомендации

1. Подготовить исходную информацию для проведения дальнейших расчетов (рис. 2.1).

2. Рассчитать средневзвешенный темп роста цен $T_{ц}$.

2.1. Подготовить таблицу для расчета средневзвешенного темпа роста цен.

2.2. Произвести расчет темпа роста цен на товары по формуле (2).

Например, при вычислениях для товара А поставщика 1 в ячейку B21 следует ввести выражение =E9/E5*100. То есть искомое значение будет рассчитано как $6 / 5 \cdot 100 = 120$.

Аналогичным образом рассчитать темп роста цены на товар А поставщика 2 и темп роста цен на товар Б поставщиков 1 и 2.

2.3. Произвести расчет сумм, на которые поставлены товары в последнем периоде, как произведение количества товара на его стоимость.

Например, для расчета для товара А поставщика 1 в ячейку D21 следует ввести выражение =D9*E9. То есть искомое значение будет рассчитано как $1500 \cdot 6 = 9000$.

Аналогичным образом рассчитать суммы, на которые поставлен товар А в последнем периоде поставщика 2, и суммы, на которые поставлены товары в последнем периоде поставщиков 1 и 2.

2.4. Произвести расчет доли разновидности товара в общем объеме поставок по формуле (3).

Например, для товара А поставщика 1 при вычислениях по приведенной формуле в ячейку F21 следует ввести выражение =D21/(СУММ(D21:E21)). То есть искомое значение будет рассчитано как $9000 / (9000 + 4000) = 0,692$.

Аналогичным образом рассчитать долю товара А в общем объеме поставок поставщика 2 и доли разновидностей товаров А и Б в общем объеме поставок поставщиков 1 и 2.

2.5. Произвести расчет средневзвешенных темпов роста цен по формуле (1).

Например, для поставщика 1 при вычислениях по приведенной формуле в ячейку H21 следует ввести выражение =B21*F21+ C21*G21. Полученное значение будет рассчитано как $120 \cdot 0,692 + 133,33 \cdot 0,308 = 124,103$.

Аналогичным образом рассчитать средневзвешенный темп роста цен поставщика 2.

Расчет по показателям п. 2.1–2.5 представлен на рис. 2.2.

3. Рассчитать темп роста поставки товаров ненадлежащего качества $T_{н.к}$ по формуле (4).

3.1. Подготовить таблицу для расчета темпа роста поставки товаров ненадлежащего качества (рис. 2.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	
2	Исходные данные								
3	Поставщик	Месяц	Товар	Объем поставки, ед./мес.	Цена за единицу продукции, руб.	Количество товара ненадлежащего качества, поставленного	Количество поставок, единиц	Динамика нарушения	
4								Всего опоздалий, дней	
5	1	Март	А	1000	5	30	7	28	
6			Б	550	3				
7	2	Март	А	5000	4	200	12	48	
8			Б	2500	2				
9	1	Апрель	А	1500	6	75	5	40	
10			Б	1000	4				
11	2	Апрель	А	4500	5	320	10	40	
12			Б	5000	4				
13	Вес показателей								
14									
15	Цена							0,6	
16	Качество							0,2	
17	Надежность							0,2	

Рис. 2.1. Исходная информация

	A	B	C	D	E	F	G	H
19	Средневзвешенный темп роста цен							
	Поставщик	Темп роста цен на товар А	Темп роста цен на товар Б	Сумма, на которую поставлен товар А	Сумма, на которую поставлен товар Б	Доля товара А в общем объеме поставок	Доля товара Б в общем объеме поставок	Средневзвешенный темп роста цен
20		=E9/E5*100		=D9*E9		=E21/(СУММ(\$D21:\$E21))	=E21/(СУММ(\$D21:\$E21))	=B21*F21+C21*G21
21	1	120	133,3	9000	4000	0,69	0,31	124,10
22	2	125	200	22500	20000	0,53	0,47	160,29

Рис. 2.2. Расчет средневзвешенного темпа роста цен

	A	B	C	D	E
24	Темп роста поставок товаров ненадлежащего качества				
	Поставщик	Месяц	Общая поставка, ед.-мес.	Доля товаров ненадлежащего качества в общем объеме поставок, %	Темп роста поставок товаров ненадлежащего качества, %
25					
26	1	Март			
27		Апрель			
28	2	Март			
29		Апрель			

Рис. 2.3. Таблица для расчета темпа роста поставок товаров ненадлежащего качества

3.2. Рассчитать общее количество сумм поставок товаров.

Например, для поставщика 1 в марте в ячейку C26 следует ввести выражение =СУММ(D5:D6). То есть искомое значение будет рассчитано как $1000 \cdot 550 = 1550$.

Для поставщика 1 в апреле в ячейку C27 следует ввести выражение =СУММ(D9:D10).

Аналогичным образом рассчитать общее количество сумм поставок товаров поставщика 2 по месяцам.

3.3. Рассчитать долю товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок по формуле (5).

Например, для расчета по поставщику 1 в марте в ячейку D26 следует ввести выражение =F5/C26*100. То есть искомое значение будет рассчитано как $30 / 1550 \cdot 100 = 1,94$.

Для расчета по поставщику 1 в апреле в ячейку D27 следует ввести выражение =F9/C27*100. То есть искомое значение будет рассчитано как $75 / 2500 \cdot 100 = 3,00$.

Аналогичным образом рассчитать долю товара ненадлежащего качества в общем объеме поставок для поставщика 2.

3.4. Рассчитать темп роста поставок товаров ненадлежащего качества по формуле (4):

- для поставщика 1 в ячейку E26 ввести формулу =D27/D26*100;
 - для поставщика 2 в ячейку E28 ввести формулу =D29/D28*100.
- Результаты расчета по п. 3.2–3.4 представлены на рис. 2.4.

	A	B	C	D	E
24	Темп роста поставок товаров ненадлежащего качества				
	Поставщик	Месяц	Общая поставка, ед.-мес.	Доля товаров ненадлежащего качества в общем объеме поставок, %	Темп роста поставок товаров ненадлежащего качества, %
25			=СУММ(D5:D6)	=F5/C26*100	=D27/D26*100
26	1	Март	1550	1,94	155
27		Апрель	2500	3,00	
28	2	Март	7500	2,67	126,32
29		Апрель	9500	3,37	

Рис. 2.4. Расчет темпа роста поставок товаров ненадлежащего качества, %

4. Расчет темпа роста среднего опоздания $T_{н.п.}$

4.1. Подготовить таблицу для расчета темпа роста среднего опоздания (рис. 2.5).

	A	B	C	D
32	Темп роста среднего опоздания			
	Поставщик	Месяц	Среднее число опозданий на одну поставку, дней	Темп роста среднего опоздания, %
33				
34	1	Март		
35		Апрель		
36	2	Март		
37		Апрель		

Рис. 2.5. Таблица для расчета темпа роста среднего опоздания

4.2. Рассчитать среднее число опозданий на одну поставку, дней.

Например, для расчета показателя по поставщику 1 в марте в ячейку C34 следует ввести выражение =H5/G5. То есть искомое значение будет рассчитано как $28 / 7 = 4$.

Для расчета показателя для поставщика 1 в апреле в ячейку C35 следует ввести выражение =H9/G9. То есть искомое значение будет рассчитано как $40 / 5 = 8$.

Аналогичным образом рассчитать среднее число опозданий на одну поставку для поставщика 2 по месяцам.

- 4.3. Рассчитать темп роста среднего опоздания поставщиков:
- для поставщика 1 в ячейку D34 ввести выражение $=C35/C34*100$;
 - для поставщика 2 в ячейку D36 ввести выражение $=C37/C36*100$.
- Результаты расчета представлены на рис. 2.6.

	A	B	C	D
32	Темп роста среднего опоздания			
	Поставщик	Месяц	Среднее число опозданий на одну поставку, дней	Темп роста среднего опоздания, %
33			$=H5/G5$	$=C35/C34*100$
34	1	Март	4	200
35		Апрель	8	
36	2	Март	4	100
37		Апрель	4	

Рис. 2.6. Расчет темпа роста среднего опоздания, %

5. Рассчитать рейтинг поставщиков.

5.1. Подготовить таблицу для рейтинга поставщиков и в столбцы «Вес показателя» и «Оценка поставщика по данному показателю» занести рассчитанные ранее значения.

Результаты расчетов по п. 2–4 заносят в итоговую таблицу (рис. 2.7).

	A	B	C	D	E	F
39	Расчет рейтинга поставщиков					
	Показатель	Вес показателя	Оценка поставщика по данному показателю		Произведение оценки на вес	
			Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 1	Поставщик 2
40		$=C15$	$=H21$			
41						
42	Цена	0,6	124,10	160,29		
43	Качество	0,2	155,00	126,32		
44	Надежность	0,2	200	100		
45	Рейтинг поставщика					

Рис. 2.7. Расчет рейтинга поставщиков

5.2. В столбцах E и F необходимо рассчитать произведение оценки на ее вес.

Например, для поставщика 1 по критерию «Цена» в ячейку E42 следует ввести выражение $=C42*B42$. То есть искомое значение будет рассчитано как $124,1 \cdot 0,6 = 74,46$.

А для поставщика 2 по критерию «Цена» необходимо в ячейку F42 ввести выражение $=D42*B42$.

Аналогичным образом рассчитать произведение оценки на ее вес по критериям «Качество» и «Надежность».

Кроме этого, в ячейках E45 и A45 необходимо рассчитать сумму оценок по поставщикам:

– для поставщика 1 в ячейку E45 ввести формулу $=СУММ(E42:E44)$.

– для поставщика 2 в ячейку F45 ввести формулу $=СУММ(F42:F44)$.

Результаты расчета по п. 5.2 представлены на рис. 2.8.

	A	B	C	D	E	F
39	Расчет рейтинга поставщиков					
	Показатель	Вес показателя	Оценка поставщика по данному показателю		Произведение оценки на вес	
			Поставщик 1	Поставщик 2	Поставщик 1	Поставщик 2
40		$=C15$	$=H21$		$=C42*B42$	
41						
42	Цена	0,6	124,10	160,29	74,46	96,18
43	Качество	0,2	155,00	126,32	31,00	25,26
44	Надежность	0,2	200	100	40	20
45	Рейтинг поставщика				145,46	141,44
46					$=СУММ(E42:E44)$	

Рис. 2.8. Итоговый расчет рейтинга поставщиков

Вывод: так как в данном случае темп роста отражает увеличение негативных характеристик поставщика, то предпочтение отдастся поставщику, чей рейтинг ниже. Таким образом, по данным проведенных исследований, стоит отдать предпочтение второму поставщику.

Задание для самостоятельной работы

Для принятия решения о пролонгировании договорных отношений с одним из двух поставщиков произведите оценку их деятельности на основе следующих данных. Известно, что в течение двух месяцев фирма получала от поставщиков 1 и 2 товары А и Б (табл. 2.4). Динамика цен на поставляемую продукцию, динамика поставки некачественных товаров, а также динамика нарушения поставщиками сроков поставок представлена в табл. 2.5.

Выполнить оценку поставщиков по показателям цены, надежности и качества поставляемого товара. При расчете рейтинга поставщиков принять веса показателей согласно варианту.

Таблица 2.4

Динамика цен на поставляемые товары

Вариант	Поставщик	Месяц	Объем		Цена	
			А	Б	А	Б
1	1	Июнь	3200	4000	6	2
		Июль	3900	3600	5	3
	2	Июнь	3300	4000	3	3
		Июль	3700	3800	5	3
2	1	Июнь	3400	3200	7	8
		Июль	3700	3400	3	4
	2	Июнь	3000	3500	2	2
		Июль	3700	3700	7	5
3	1	Июнь	3000	3100	3	5
		Июль	3800	3600	5	3
	2	Июнь	4000	3500	6	8
		Июль	3400	3100	8	5
4	1	Июнь	3700	3500	8	4
		Июль	3100	3900	5	6
	2	Июнь	3700	3100	8	6
		Июль	3700	3400	6	7
5	1	Июнь	3000	3800	5	8
		Июль	3800	3600	2	2
	2	Июнь	3300	4000	6	4
		Июль	3200	3600	5	3
6	1	Июнь	3600	3600	4	8
		Июль	3100	3000	7	5
	2	Июнь	3600	3800	2	8
		Июль	3700	3100	4	7
7	1	Июнь	3800	3800	7	8
		Июль	3800	4000	3	8
	2	Июнь	3300	3700	2	2
		Июль	3200	3800	2	5
8	1	Июнь	3900	4000	3	8
		Июль	3600	3100	2	2
	2	Июнь	4000	3300	8	7
		Июль	3300	3600	4	6

Окончание таблицы 2.4

Вариант	Поставщик	Месяц	Объем		Цена	
			А	Б	А	Б
9	1	Июнь	3100	5000	8	2
		Июль	4000	3700	4	7
	2	Июнь	3300	4000	7	7
		Июль	3000	3900	2	7
10	1	Июнь	3000	3300	6	3
		Июль	3000	3400	4	5
	2	Июнь	3400	3300	2	8
		Июль	3300	3200	7	5

Таблица 2.5

Динамика поставки товаров ненадлежащего качества и динамика нарушения установленных сроков поставки

Вариант	Поставщик	Месяц	Количество товара ненадлежащего качества, поставленного в течение месяца, ед.	Динамика нарушения установленных сроков поставки		Веса показателей		
				Количество поставок, ед.	Всего опозданий, дней	Цена	Качество	Надежность
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	Июнь	31	13	26	0,5	0,1	0,4
		Июль	20	10	34			
	2	Июнь	47	12	27			
		Июль	46	16	31			
2	1	Июнь	41	17	29	0,5	0,1	0,4
		Июль	26	8	33			
	2	Июнь	33	13	33			
		Июль	39	11	28			
3	1	Июнь	39	10	33	0,4	0,3	0,3
		Июль	24	11	34			
	2	Июнь	44	13	26			
		Июль	49	12	33			
4	1	Июнь	50	12	28	0,5	0,2	0,3
		Июль	49	18	32			

Окончание таблицы 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2	Июнь	27	15	27			
		Июль	26	10	26			
5	1	Июнь	20	9	32	0,4	0,1	0,5
		Июль	39	9	30			
	2	Июнь	45	13	27			
		Июль	40	13	34			
6	1	Июнь	41	18	35	0,4	0,3	0,3
		Июль	34	18	26			
	2	Июнь	26	13	33			
		Июль	30	12	33			
7	1	Июнь	36	13	32	0,5	0,3	0,2
		Июль	40	9	25			
	2	Июнь	45	17	34			
		Июль	38	8	35			
8	1	Июнь	41	18	25	0,5	0,2	0,3
		Июль	35	9	26			
	2	Июнь	35	13	29			
		Июль	36	15	27			
9	1	Июнь	50	16	25	0,6	0,3	0,1
		Июль	40	9	31			
	2	Июнь	25	9	26			
		Июль	26	14	34			
10	1	Июнь	41	17	30	0,4	0,1	0,5
		Июль	39	20	32			
	2	Июнь	27	8	31			
		Июль	28	8	34			

Контрольные вопросы

1. Как рассчитать средневзвешенный темп роста цен?
2. От чего зависит темп роста поставки товаров ненадлежащего качества?
3. Как рассчитать темп роста среднего опоздания?
4. От чего зависит рейтинг поставщика?
5. Как влияет цена, надежность и качество поставляемого товара на оценку рейтинга поставщика?

Практическая работа № 3

ВЫБОР ПОСТАВЩИКА МЕТОДОМ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ

Цель работы: определить транспортные расходы, затраты на закупку, оптимальный размер заказа, издержки на хранение продукции.

Теоретические сведения

1. Транспортные расходы на выполнение одного заказа по доставке листовой стали к потребителю П

$$C_o^e = ЦL \cdot 2, \quad (8)$$

где Ц – стоимость затрат на 1 км пути, ден. ед./км;

L – расстояние между потребителем и оптовым центром, км;

2 – показатель количества проездов расстояния между потребителем и оптовым центром, т. е. за 1 рейс автомобиль проедет туда и обратно.

2. Затраты на закупку листовой стали и ее доставку потребителю П

$$C = PS + C_o^e \frac{S}{q}, \quad (9)$$

где P – цена за единицу товара, ден. ед.;

S – объем оборота (потребления или сбыта) определенного наименования товара;

C_o^e – транспортные или связанные с ними расходы на выполнение одного заказа по данному наименованию товара, ден. ед.;

$\frac{S}{q}$ – отношение, которое показывает, какое количество заказов

будет выполнено за период времени потребления величины S.

3. Коэффициент E_{\max}

$$E_{\max} = \frac{R}{m \cdot 100 \%} N_{об}, \quad (10)$$

где R – достигнутый среднегодовой уровень рентабельности годовой продукции на предприятии или рентабельности продаж в торговле, %;

$N_{об}$ – количество оборотов в течение года, которые совершают оборотные средства;

m – количество повторений в течение года установленного промежутка времени (при годовом потреблении m равно 1, при квартальном – 4 и т. д.).

$$N_{об} = \frac{S}{n/2} m. \quad (11)$$

4. Оптимальный размер заказа листовой стали у поставщиков

$$n_{опт} = \sqrt{2 \frac{C_o^e S}{C_{xp}^e + EP}}. \quad (12)$$

Задача. Распределительные оптовые центры А, Б и В являются потенциальными поставщиками листовой стали (линейные размеры – 6000×1500×10 мм, масса одного листа – 0,702 т) для мелкооптовой организации П. Годовое потребление данной стали у нее составляет 120 т. Сталь хранится на складе с допустимой нагрузкой 6 т на 1 м² пола и затратами на содержание 1 м² площади пола склада за месяц 0,5 руб.

Известно также, что доставка стали может осуществляться транспортом организации П грузоподъемностью 5, 10, 15 и 20 т. Расстояния между потребителем и поставщиками А, Б и В равны соответственно 350, 300 и 250 км. Тарифные ставки на внутрихозяйственные грузоперевозки составляют соответственно 0,3, 0,4 и 0,4 руб./км. Организация П нуждается в свободных денежных средствах. Средняя рентабельность товарной продукции – 3,0 %.

Цена стального проката в зависимости от размера заказа представлена в табл. 3.1. Требуется выбрать поставщика стали.

Таблица 3.1

Цена стального проката, руб./т

Наименование поставщика	Размер заказа, т			
	до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	от 15
А	830	825	820	815
Б	815	810	800	795
В	820	815	810	805

Методические рекомендации

1. Подготовить исходную информацию для проведения дальнейших расчетов (рис. 3.1).

	А	В	С	D				E	F	G	H	I	J
1	Оптовые центры	Расстояние от потребителя до оптового центра, км	Тарифные ставки на оказание услуг, руб.	Цена в зависимости от размера заказа, руб./т				Годовое потребление, т				Допустимая нагрузка, т/м ²	120
2				до 5 т	от 5 до 10 т	от 10 до 15 т	более 15 т						
3	А	350	0,3	830	825	820	815	Затраты на 1м ² пола, руб/м ²	50%				
4	Б	300	0,4	815	810	800	795	Рентабельность, %	3				
5	В	250	0,4	820	815	810	805	Масса листа, т	0,702				

Рис. 3.1. Исходная информация

2. Определить транспортные расходы на выполнение одного заказа по доставке к потребителю П и затраты на закупку и доставку товара.

2.1. Подготовить таблицу для расчета (рис. 3.2) необходимых значений, учитывая средние показатели из диапазона.

	А	В	С	D	E	F	G
7	1. Транспортные расходы на выполнение 1 заказа по доставке						
8	Оптовые центры	Транспортные расходы	Затраты на покупку и доставку				
9			Среднее между 0 и 5 т учетом размера заказа, руб./т				
10			до 5 т	от 5 до 10 т	от 10 до 15 т	от 15 до 20 т	
11		среднее значение	2,5	7,5	12,5	17,5	
12	А						
13	Б						
	В						

Рис. 3.2. Таблица для расчета транспортных расходов на выполнение одного заказа по доставке

2.2. Произвести расчет транспортных расходов на выполнение одного заказа по доставке листовой стали по формуле (8), а также затрат на закупку и доставку товара для потребителя по формуле (9).

Например, транспортные расходы для оптового поставщика А будут рассчитаны в ячейке С11 как =С3*В3*2 и составят 0,3 · 350 · 2 = 210 руб.

А затраты на закупку и доставку товара для потребителя от оптового центра А будут рассчитаны в ячейке D11 как =D3*\$J\$1+=\$C11*\$J\$1/D\$10 и составят 830 · 120 + 210 · 120 / 2,5 = 109 680 руб.

Аналогичным образом рассчитать транспортные расходы при доставке листовой стали от оптовых центров Б и В, а также с использованием транспорта 10 и 20 т (рис. 3.3).

	A	B	C	D	E	F	G
7	1. Транспортные расходы на выполнение 1 заказа по доставке						
8	Оптовые центры	Транспортные расходы	Затраты на покупку и доставку с учетом размера заказа, руб./т				
9		=C3*В3*2	=D3*\$J\$1+\$C11*\$J\$1/D\$10	от 10 до 15 т	от 15 до 20 т		
10	среднее значение				12,5	17,5	
11	A	210	109680	102360	100416	99240	
12	B	240	109320	101040	98304	97046	
13	B	200	108000	101000	99120	97971	

Рис. 3.3. Таблица для расчета затрат на закупку и доставку листовой стали потребителю

Исходя из произведенных выше расчетов, оптимально перевозить товар автомобилем до 20 т и при этом покупать у поставщика Б.

Применение метода оценки затрат обуславливает обязательную аргументацию размера заказываемой партии у соответствующего поставщика. Очевидно, что размер заказываемой партии должен иметь оптимальную величину.

3. Рассчитать оптимальный размер заказа листовой стали у поставщиков по формуле (12).

4. Подготовить таблицу для расчета и произвести в ней ниже следующие расчеты (рис. 3.4).

	A	B	C	D	E
15			Оптовый центр А	Оптовый центр Б	Оптовый центр В
16		Оптимальный размер заказа			
17		Предположительный оптимальный размер заказа			
18		Издержки на хранение 1 т			
19		Необходимая площадь для хранения			
20		Коэффициент E			
21		Максимальный E			
22		Количество оборотов в течение периода			
23		Оптимальный уточненный размер заказа, листов			
24		Оптимальный уточненный размер заказа, т			
25		Издержки мелкооптового потребителя, руб.			

Рис. 3.4. Исходная таблица для расчета оптимального размера заказа

Так как транспортные расходы на выполнение одного заказа C_o^e , а также затраты на хранение 1 т стали C_{xp}^e зависят от размера заказа, который еще предстоит определить, необходимо в качестве первого приближения интуитивно установить размер заказа.

Предположим, что оптимальный размер заказа будет находиться в диапазоне от 0 до 10 т. Интуитивно принимаем размер заказа на уровне 8 т и заносим это значение в ячейку С17.

5. Определить издержки на хранение 1 т стали в течение периода (года).

С учетом линейных размеров стального листа (6000×1500 мм) и допустимой нагрузки на 1 м² пола для складов по хранению стали (6 т/м²), а также оптимального размера заказа *необходимая площадь для хранения* должна составлять 15 м². Для расчета необходимой площади в ячейку С19 следует записать формулу вида =6000*1500*С17/2/1000000*1,25, где 6000 · 1500 / 1000000 = 9 – занимаемая площадь, м²; 1,25 – гарантийный запас (25 %).

Тогда издержки на хранение 1 т стали C_o^e за квартал будут рассчитаны в ячейке С18 в виде =С19*J3*12/(С17/2) и составят:

$$15 \text{ м}^2 \cdot 0,5 \text{ ден. ед./}(\text{мес. за м}^2) \cdot 12 \text{ мес.} / (8 \text{ т} / 2) = 23 \text{ ден. ед.},$$

где (8 т / 2) – среднее количество стали (средний остаток), которое будет находиться на складе;

12 мес. – количество месяцев в расчетном периоде (расчетный период – год, т. к. по условию сказано, что годовое потребление – 120 т).

6. Исходя из поставленной задачи, коэффициент E должен приниматься на уровне 50–70 % от своего максимального значения. Организация нуждается в свободных денежных средствах, поэтому коэффициент E принимается на уровне 50 % от максимального значения. Максимальный коэффициент E рассчитывается по формуле (10). Но вначале необходимо рассчитать количество оборотов по формуле (11).

Расчет количества оборотов следует отразить в ячейке С22 как =J1/(С17/2)*1. Расчетное значение составит 120 / (8 / 2) · 1 = 30 оборотов.

Зная, что количество оборотов в течение года составляет 30, в ячейку С21 следует записать расчет максимального значения

коэффициента E в виде $=J4/(1*100%)*C22$. Расчетное значение составит $3\% / (1 \cdot 100\%) \cdot 30 = 0,9$.

Таким образом, значение коэффициента E составит $0,9 \cdot 0,5 = 0,45$ и будет рассчитано в ячейке $C20$ как $=C21*0,5$.

7. Оптимальный размер заказа будет рассчитан по формуле (5), и ее запись при расчете в Excel будет $=КОРЕНЬ(2*C11*J1/(C18+C20*E3))$, а его значение составит $\sqrt{2(210 \cdot 120)/(23 + 0,45 \cdot 825)} = 11,31$ т.

Расчетный размер заказа (11,31 т) отличается от принятого в качестве первого приближения (8 т) на 41,38 %, что недопустимо для подобного рода расчетов, т. к. оптимальный размер заказа не должен отличаться от предположительного размера заказа более чем на 20 %. Следовательно, в качестве второго приближения примем показатель оптимального размера заказа 14 т. Так как на данном этапе примерный размер заказа лежит в промежутке от 10 до 15 т, то цена за 1 т заказа будет равна 820 руб./т. Тогда выражение для расчета оптимального размера заказа изменится и примет вид $=КОРЕНЬ(2*C11*J1/(C18+C20*F3))$, а его значение составит $\sqrt{2(210 \cdot 120)/(23 + 0,26 \cdot 820)} = 14,70$ т.

Следовательно, с учетом массы одного листа (0,702 т) окончательно принимается размер заказа, равный 21 листу ($14,70 / 0,702 = 20,93$, что соответствует расчету для ячейки $C23$ в виде $=ОКРУГЛ(C16/J5;0)$), или 14,74 т ($21 \cdot 0,702 = 14,74$ т, что соответствует расчету для ячейки $C24$ в виде $=C23*J5$).

Далее определяются издержки мелкооптового потребителя Π на закупку и доставку листовой стали за год с учетом окончательного оптимального размера заказа для закупок из оптового центра А: $=F3*J1+C11*J1/C24$, что соответственно составит $820 \cdot 120 + 210 \times 120 / 14,74 = 100\,109$ руб.

8. Аналогичным образом рассчитывается оптимальный размер заказа и издержки мелкооптового потребителя Π для закупок у поставщиков Б и В.

8.1. Оптимальный размер заказа для поставщика Б рассчитывается в ячейке D16 как $=КОРЕНЬ(2*SC$12*JS1/(D18+D20*F$4))$ и составляет 15,93.

8.2. Оптимальный размер заказа для поставщика В рассчитывается в ячейке E16 как $=КОРЕНЬ(2*SC$13*JS1/(E18+E20*F$5))$ и составляет 14,42.

8.3. Издержки мелкооптового потребителя (руб.) при заказе у поставщика Б рассчитываются как $=F$4*JS1+SC$12*JS1/D24$ и составляют 97 784 руб.

8.4. Издержки мелкооптового потребителя (руб.) при заказе у поставщика В рассчитываются как $=F$5*JS1+SC$13*JS1/E24$ и составляют 98 828 руб.

9. Итоговая таблица для расчета оптимального размера заказа по поставщикам А, Б и В представлена на рис. 3.5.

	А	В	С	Д	Е
15			Оптовый центр А	Оптовый центр Б	Оптовый центр В
16		Оптимальный размер заказа	14,70	15,89	14,42
17		Предположительный оптимальный размер заказа	14	14	14
18		Издержки на хранение 1 т	23	23	23
19		Необходимая площадь для хранения	26	26	26
20		Коэффициент E	0,26	0,26	0,26
21		Максимальный E	0,51	0,51	0,51
22		Количество оборотов в течение периода	17	17	17
23		Оптимальный уточненный размер заказа, листов	21	23	21
24		Оптимальный уточненный размер заказа, т	14,74	16,15	14,74
25		Издержки мелкооптового потребителя, руб.	100109,40	97783,72	98828,00

Рис. 3.5. Таблица для расчета оптимального размера заказа по поставщикам А, Б и В

Вывод: сравнение затрат на закупку и доставку листовой стали для мелкооптового потребителя Π посредством привлечения услуг оптовых центров А, Б и В позволяет утверждать, что с экономической точки зрения доставку листовой стали мелкооптовому потребителю Π целесообразно осуществлять из оптового центра Б, т. к., несмотря на самые высокие транспортные расходы на выполнение 1 заказа (но при этом наименьшую разницу в цене за 1 т стали), экономический эффект в результате сокращения прямых затрат

на закупку и доставку листовой стали из оптового центра Б по сравнению с центром А составит 2326 руб. ($100\ 109 - 97\ 784 = 2326$ руб.).

Задание для управляемой самостоятельной работы

Распределительные оптовые центры А, Б, В и Г являются потенциальными поставщиками листовой стали (линейные размеры – $6000 \times 1500 \times 10$ мм, масса одного листа – 0,702 т) для мелкооптовой организации П. Годовое потребление данной стали составляет от 50 до 150 т в зависимости от варианта (табл. 3.2). Расстояние между потребителем и поставщиками А, Б, В и Г и средняя рентабельность товарной продукции согласно вариантам также представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Годовое потребление стали, средняя рентабельность товарной продукции и расстояние между потребителем и поставщиками А, Б, В и Г

Вариант	Потребление стали	Средняя рентабельность товарной продукции, %	Расстояние между потребителем и поставщиками			
			А	Б	В	Г
1	50 т в квартал	12	343	284	218	339
2	60 т в квартал	14	295	231	318	229
3	40 т в квартал	12	270	250	220	260
4	50 т в квартал	10	320	330	300	340
5	40 т в квартал	15	360	350	340	330
6	150 т в год	4	250	270	240	220
7	120 т в год	6	300	320	270	310
8	150 т в год	4	270	300	290	280
9	140 т в год	3	270	250	220	260
10	120 т в год	5	343	284	218	339

Сталь хранится на складе с допустимой нагрузкой 6 т на 1 м^2 пола и затратами на содержание 1 м^2 площади пола склада за месяц 0,5 руб.

Известно также, что доставка стали может осуществляться транспортом организации П грузоподъемностью 10, 15 и 20 т. Тарифные ставки на внутривозвратные грузоперевозки составляют соответственно 0,3, 0,4, 0,5 и 0,4 руб./км. Организация П

нуждается в свободных денежных средствах. Цена стали в зависимости от размера заказа представлена в табл. 3.3. Требуется выбрать поставщика стали.

Таблица 3.3

Наименование поставщика	Цена стали, руб./т			
	Размер заказа, т			
	до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	от 15
А	830	825	820	815
Б	815	810	800	795
В	820	815	810	805
Г	825	820	815	810

Контрольные вопросы

1. Как рассчитываются транспортные расходы на выполнение одного заказа?
2. Как рассчитываются затраты на закупку товара и его доставку потребителю?
3. Что входит в формулу расчета оптимального размера заказа товара у поставщиков?
4. Как определить издержки на хранение 1 т стали в течение периода?
5. От чего зависят транспортные расходы на выполнение одного заказа?

Практическая работа № 4

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПАРТИИ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки по оптимизации размера производственной партии.

Теоретические сведения

Под партией (производственной партией) деталей в организациях производственной сферы понимается количество одинаковых деталей, обрабатываемых на взаимосвязанных рабочих местах с однократной затратой подготовительно-заключительного времени (переналадкой оборудования).

Оптимальная продолжительность работы производственной линии по выпуску одного наименования деталей будет достигнута в случае запуска в производство оптимальной с экономической точки зрения производственной партии данного наименования деталей.

Прежде чем определять оптимальный размер партии, необходимо выяснить, на какие статьи затрат он оказывает влияние.

Так, при увеличении размера партии сокращаются издержки производства за установленный промежуток времени (например, год), связанные с переналадкой оборудования, в соответствии со следующей формулой:

$$C_n^c = T_{\text{пн}} t_n + \sum_{k=1}^z P_k t_{nk} B_k + \Pi_{\text{пр}}, \quad (13)$$

где $T_{\text{пн}}$ – величина тарифа на проведение операций по переналадке оборудования, тыс. руб./чел.-ч;

t_n – трудоемкость работ, связанных с одной переналадкой оборудования, чел.-ч;

k – номер наименования (модели) оборудования;

z – количество наименований (моделей) необходимого оборудования согласно технологическому процессу изготовления детали;

P_k – коэффициент, отражающий размер убытков (без учета потерь прибыли) от часа простоя k -го наименования оборудования, 1/ч;

t_{nk} – продолжительность одной переналадки k -го наименования оборудования, ч;

B_k – балансовая (амортизируемая) стоимость k -го наименования оборудования, тыс. руб.;

$\Pi_{\text{пр}}$ – потери прибыли, связанные с одной переналадкой оборудования, тыс. руб.

Расчет оптимального размера партии $n_{\text{опт}}$ для производства молочной продукции в ПЭТ-бутылках рассмотрим на примере производственной ситуации, изложенной в задаче ниже.

Задача. Организация, выпускающая молочную продукцию в ПЭТ-бутылках, работает в одну смену 7 дней в неделю. Длительность смены – 12 ч. Предприятие работает 360 дней в году. Продукция выпускается в упаковке по 6 шт., масса единицы продукции – 0,42 кг.

Упаковки хранятся на стеллажах. Максимальная нагрузка на полку стеллажа – 65 кг. Организация нуждается в свободных денежных средствах. Основные показатели производства указаны в табл. 4.1. Габаритные размеры стеллажа приведены на рис. 4.1. Рассчитать оптимальный размер партии упаковок.

Таблица 4.1

Исходные данные

Показатель	Значение
Средняя производительность линии за час основного времени, шт.	3000
Длительность одной переналадки линии, включая ее чистку, дней	0,5
Издержки, связанные с проведением одной чистки и переналадки оборудования, руб.	150
Балансовая стоимость линии по разливу молочной продукции, тыс. руб.	200
Габаритные размеры упаковок, длина×ширина×высота, мм	200×150×160
Издержки на эксплуатацию 1 м ² склада в течение 1 месяца, руб.	30
Средняя себестоимость единицы продукции, руб.	0,7
Средняя рентабельность продукции, %	4,0

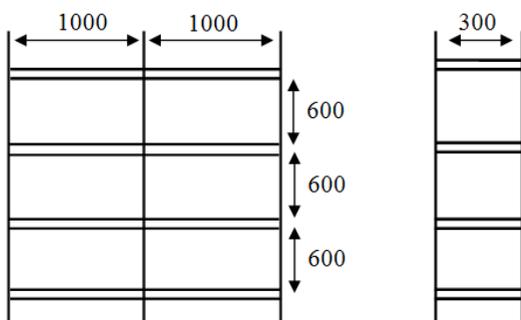


Рис. 4.1. Габаритные размеры стеллажа, мм

Методические рекомендации

Необходимо внести исходные данные в таблицу, например, как представлено на рис. 4.2.

	A	B	C	D
1	Исходные данные			
2	Длительность рабочей недели, дней	7	Показатели	Значение
3	Длительность смены, ч	12	Средняя производительность линии за час основного времени, штук	3000
4	Рабочих дней в году	360	Длительность одной переналадки линии, включая ее очистку, дней	0,5
5	Размер упаковки, штук	6	Издержки, связанные с проведением одной очистки и переналадки, руб.	150
6	Максимальная нагрузка на полку стеллажа, кг	35	Балансовая стоимость линии, тыс.руб.	200
7	Коэффициент срока службы	0,0003	Габаритные размеры упаковок, длина×ширина×высота, мм	200×150×160
8	Вес единицы продукции, кг	0,42	Издержки на эксплуатацию 1 м2 склада в течение 1 месяца, руб.	30
9			Средняя себестоимость единицы продукции, руб.	0,7
10			Средняя рентабельность продукции, %	4%

Рис. 4.2. Исходная информация

1. Потенциально возможная производительность производственной линии по выпуску молочной продукции одного наименования за установленный период времени N_n , а также коэффициент E зависят от размера партии, который еще предстоит определить. Интуитивно принимается размер партии в первом приближении на уровне 100 тыс. упаковок. Данное значение задано в ячейке D12.

Определяется максимальная производительность производственной линии: $3000 / 6 \cdot 12 \cdot 360 = 2\,160\,000$ упаковок. Данное значение рассчитано в ячейке D13 при помощи выражения $=D3/B5*B3*B4$. Далее следует определить сокращение годовой производственной программы, но для этого необходимо знать количество остановок линий для переналадки.

Количество остановок линий в год – $2\,160\,000 / 100\,000 = 21,6$, т. е. 22 раза за год. Данное значение рассчитывается в ячейке D14 при помощи выражения $=ОКРУГЛВВЕРХ(D13/D12;0)$.

Следовательно, сокращение годовой производственной программы составляет $22 \cdot 0,5 \cdot 3000 / 6 \cdot 12 = 66\,000$ и рассчитывается в ячейке D15 как $=D14*D4*D3/B5*B3$.

Пример расчета сокращения годовой производственной программы представлен на рис. 4.3.

	B	C	D	E	F	G
11						
12		Размер партии, упаковок (приближение)	100000			
13		Максимальная производительность производственной программы, упаковок	2160000	$=D3/B5*B3*B4$		
14		Остановок линий в год, раз	22	$=ОКРУГЛВВЕРХ(D13/D12;0)$		
15		Сокращение годовой производственной программы, упаковок	66000	$=D14*D4*D3/B5*B3$		

Рис. 4.3. Расчет сокращения годовой производственной программы

2. Принимая во внимание интуитивный размер партии, можно утверждать, что в течение года линия остановится не менее 13 раз, что обусловит сокращение годовой производственной программы на 66 000 упаковок, т. е. до 2 094 600 упаковок ($2\,160\,000 - 66\,000 = 2\,094\,600$).

3. Издержки производства, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования для выпуска партии одного наименования продукции, зависят от потерь прибыли (формула (13)), поэтому первоначально рассчитываются потери прибыли, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования, которые составляют $0,5 \cdot 3000 / 6 \cdot 0,7 \cdot (4\% / 100\%) = 84$ руб. и рассчитываются в ячейке D22 как $=D4*D3/B5*B3*D9*(D10/100\%)$.

Тогда издержки производства составляют 954 руб. ($150 + 0,0003 \times 12 \cdot 200 \cdot 1000 + 84 = 954$ руб.) и рассчитываются в ячейке D23 как $=D5+B7*B3*D6*1000+D22$.

Пример издержек производства, связанных с одной переналадкой и очисткой оборудования для выпуска партии одного наименования товара, представлен на рис. 4.4.

	B	C	D	E	F	G	
17		Таким образом, принимая во внимание интуитивный размер партии, можно утверждать, что в течение года линия остановится не менее 22 раз в год, что обусловит сокращение годовой производственной программы на 66000 упаковок, то есть до 2094000 упаковок	2094000	=D13-D15			
18							
19							
20						=D4*D3/B5*B3*D9*(D10/100%)	
22		Потери прибыли, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования	84				
23		Издержки производства, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования для выпуска партии одного наименования товара, руб.	954				

Рис. 4.4. Расчет издержек производства, связанных с одной переналадкой и очисткой оборудования для выпуска партии одного наименования товара

4. Линейные размеры одной полки стеллажа позволяют разместить на ней 45 упаковок, но при этом с учетом максимальной нагрузки на полку стеллажа (65 кг) на ней возможно одновременно разместить 25 упаковок ($65 / (6 \cdot 0,42) = 25,8$). Тогда среднее число упаковок на одной полке стеллажа в течение года составляет $25 \cdot 8 / 2 = 100$. Данный показатель рассчитывается в ячейке D25 в виде выражения $=25*8/2$.

5. Принимая во внимание рисунок, можно утверждать, что одна полка стеллажа занимает $(1 \text{ м} + 1 \text{ м}) \cdot 0,3 \text{ м} / 8 \text{ полок} = 0,075 \text{ м}^2$, а с учетом проходов и проездов $0,1 \text{ м}^2$.

Следовательно, издержки на хранение одной упаковки за год составляют $0,1 \text{ м}^2 \cdot 30 \cdot 12 / 100 = 0,36 \text{ руб.}$ Данный показатель получен в ячейке D26 на основе выражения $=0,1*D8*12/D25$. Пример расчета издержек на хранение одной упаковки за период представлен на рис. 4.5.

	B	C	D	E	F	G
25		Среднее число упаковок на одной полке стеллажа в течение года, штук	100	=25*8/2		
26		Издержки на хранение одной упаковки за период, руб.	0,36	=0,1*D8*12/D25		

Рис. 4.5. Расчет издержек на хранение

6. Исходя из постановки задачи (организация нуждается в свободных денежных средствах, однако нужда носит не острый характер), коэффициент E должен приниматься на уровне 50 % от максимально возможного значения.

Значит, для расчета коэффициента E необходимо найти коэффициент E_{\max} (формула (10), практическая работа 3) с учетом количества оборотов (формула (11)). Оно рассчитывается в ячейке D28 в виде выражения $=\text{ОКРУГЛВНИЗ}(D17/(D12/2);0)$ и равняется 41 обороту в год. Тогда, принимая во внимание формулу (10) и тот факт, что рентабельность продукции составляет 2 %, получим $E_{\max} = 2,0 \% / (1 \cdot 100 \%) \cdot 41 = 1,64$, рассчитав его в ячейке D29 с помощью выражения $=D10/(1*100%)*D28$.

Таким образом, принимаем величину вложения E за период времени, равный одному году, на уровне 0,82, что рассчитано в ячейке D30 как $=D29*0,5$.

7. Размер партии в соответствии с зависимостью (12) составляет $\sqrt{2(954 \cdot 2\ 064\ 000)/(0,36 + 0,82 \cdot 0,7)} = 65\ 403$ упаковки и рассчитывается в ячейке D32 (рис. 4.6): $=\text{ОКРУГЛВНИЗ}(\text{КОРЕНЬ}(2*((D23*D17)/(D26+D30*D9))))$.

Расчет в Excel будет выглядеть так, как показано на рис. 4.6.

	B	C	D	E	F	G
28		Количество оборотов	41	=ОКРУГЛВНИЗ(D17/(D12/2);0)		
29		E максимальное	1,64	=D10/(1*100%)*D28		
30		E	0,82	=D29*0,5		
32		Размер партии, упаковок	65403	=ОКРУГЛВНИЗ(КОРЕНЬ(2*((D23*D17)/(D26+D30*D9))))		
33						

Рис. 4.6. Расчет оптимального размера партии согласно первому приближению

Полученный расчетный размер партии (65 403 упаковки) позволяет утверждать, что принятый интуитивный размер заказа на уровне 100 000 упаковок значительно отличается от оптимальной величины. Следует отметить, что при выполнении подобных расчетов допустимое отличие интуитивного размера от оптимальной величины не должно превышать 20 %.

В связи с этим осуществляется второе приближение. Для этого устанавливается размер партии с определенным опережением (на уменьшение) к уровню 65 403 упаковки. Принимается размер партии, равный 60 000 упаковок.

Учитывая интуитивный размер партии (второго приближения), можно утверждать, что в течение года линия остановится не менее 36 раз, что обусловит сокращение годовой производственной программы на 108 000 упаковок. Тогда максимальное значение коэффициента E составит 2,72. Так, количество оборотов, которые за год совершаются оборотными средствами, задействованными в торговле продукцией, равно 68 оборотам. Таким образом, если принять величину коэффициента эффективности финансовых вложений E за период времени, равный одному году, на уровне 1,36, то оптимальный размер партии составит $\sqrt{2(954 \cdot 2\,052\,000)/(0,36 + 1,36 \cdot 0,7)} = 54\,627$ упаковок.

Окончательный расчет оптимального размера партии представлен на рис. 4.7.

	В	С	Д
12		Размер партии, упаковок (приближение)	60000
13		Максимальная производительность производственной программы, упаковок	2160000
14		Остановок линий в год, раз	36
15		Сокращение годовой производственной программы, упаковок	108000
17		Таким образом, принимая во внимание интуитивный размер партии, можно утверждать, что в течение года линия остановится не менее 36 раз в год, что обусловит сокращение годовой производственной программы на 108000 упаковок, то есть до 2052000 упаковок	2052000
18			
19			
20			
22		Потери прибыли, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования	84
23		Издержки производства, связанные с одной переналадкой и очисткой оборудования для выпуска партии одного наименования товара, руб.	954
25		Среднее число упаковок на одной полке стеллажа в течение года, штук	100
26		Издержки на хранение одной упаковки за период, руб.	0,36
28		Количество оборотов	68
29		E максимальное	2,72
30		E	1,36
32		Размер партии, упаковок	54627

Рис. 4.7. Расчет оптимального размера партии

Вывод: так как принятый согласно второму приближению размер партии (60 000 упаковок) отличается от оптимальной величины (54 627 упаковок) на 9%, следовательно, окончательно можно утверждать, что оптимальный размер партии для данной производственной ситуации должен находиться в пределах 50 000–60 000 упаковок.

В свою очередь, с учетом оптимального размера партии можно также утверждать, что оптимальная продолжительность работы производственной линии по выпуску одного наименования продукции составит 8 дней (60 000 упаковок / 8000 упаковок/день).

Задание для самостоятельной работы

Рассчитайте оптимальный размер производственной партии для следующей ситуации. Организация выпускает метизы, в том числе гвозди. Гвозди производятся на гвоздильном автомате (станке), балансовая стоимость которого равна 25,0 руб. (по состоянию на 01.06.2016 г.). Производительность автомата составляет от 300 до 400 гвоздей/мин.

Организация работает в одну смену. Длительность одной переналадки станка – 4 ч. Величина тарифа $T_{пн}$ на проведение одной переналадки станка составляет 10 руб./чел.-ч. Гвозди упаковываются в коробки по 5 кг, которые хранятся на стеллажах. Максимальная нагрузка на полку стеллажа – 200 кг. Допустимая нагрузка на 1 м² пола склада – 3 т. Издержки, связанные с эксплуатацией 1 м² склада в течение месяца, составляют 0,1 руб.

Себестоимость производства 1 кг гвоздей в зависимости от их размеров, а также масса 1000 гвоздей представлены в табл. 4.2. Средняя рентабельность выпускаемой продукции – 8,0%. Организация не нуждается в свободных денежных средствах.

Таблица 4.2

Данные для индивидуальной работы студентов

Вариант	Размеры гвоздя (диаметр×длина), мм	Теоретическая масса 1000 гвоздей, кг	Себестоимость гвоздей
1	3,0×80,0	4,33 (ГОСТ 283–75)	3,58 руб. / 1 кг
2	3,0×80,0	4,33 (ГОСТ 283–75)	3,65 руб. / 1 кг
3	2,5×60,0	1,92 (ГОСТ 283–75)	3,71 руб. / 1 кг
4	2,5×50,0	1,87 (ГОСТ 283–75)	3,71 руб. / 1 кг

Вариант	Размеры гвоздя (диаметр×длина), мм	Теоретическая масса 1000 гвоздей, кг	Себестоимость гвоздей
5	2,5×50,0	1,87 (ГОСТ 4028–63)	14,03 руб. / 5 кг
6	3,0×80,0	4,33 (ГОСТ 4028–63)	13,52 руб. / 5 кг
7	3,0×70,0	3,77 (ГОСТ 4028–63)	58,57 руб. / 25 кг
8	2,5×60,0	2,23 (ГОСТ 4028–63)	60,78 руб. / 25 кг
9	3,0×80,0	4,33 (ГОСТ 4028–63)	10,07 руб. / 5 кг
10	4,0×120,0	11,5 (ГОСТ 4028–63)	9,5 руб. / 5 кг

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой производственная партия деталей?
2. Как определяют размер производственной партии на практике?
3. Какие статьи затрат зависят от размера производственной партии деталей?
4. Из каких соображений устанавливается величина коэффициента эффективности финансовых вложений?
5. В чем состоит алгоритм оптимизации производственной партии деталей?

Практическая работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА ОБРАБОТКИ ПАРТИИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки по расчету длительности производственного цикла обработки партии деталей при различных способах передачи с операции на операцию.

Теоретические сведения

Производственный цикл изготовления партии деталей представляет собой календарный период времени с момента запуска в обработку первой детали из партии до момента окончания обработки последней детали партии на заключительной операции технологического процесса.

Длительность цикла обработки партии деталей зависит от способа их передачи (движения) с операции на операцию.

Существует три вида движения деталей в процессе их изготовления: последовательный, параллельный и параллельно-последовательный.

При **последовательном виде движения** вся партия деталей передается на последующую операцию после окончания обработки всех деталей на предыдущей операции. Достоинствами этого метода являются отсутствие перерывов в работе оборудования и рабочего на каждой операции, возможность их высокой загрузки в течение смены. Однако производственный цикл при такой организации работ является наибольшим, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях деятельности цеха, предприятия.

При **параллельном виде движения** детали передаются на следующую операцию транспортной партией (пачкой) сразу после окончания ее обработки на предыдущей операции. В этом случае обеспечивается наиболее короткий цикл. Но возможности применения параллельного вида движения ограничены, т. к. обязательным условием его реализации является равенство или кратность продолжительности движения времени выполнения операций. В противном случае неизбежны перерывы в работе оборудования и рабочих.

При **параллельно-последовательном виде движения** детали передаются с операции на операцию транспортными партиями или поштучно. При этом происходит частичное совмещение времени

выполнения смежных операций, а вся партия обрабатывается на каждой операции без перерывов. Рабочие и оборудование работают без перерывов. Производственный цикл данного вида движения деталей отличается продолжительностью, размер которой, как правило, больше, чем при параллельном, но меньше, чем при последовательном движении предметов труда.

Длительность производственного цикла обработки $T_{ц}$ партии деталей определяется по следующим формулам:

1. При последовательном виде движения предметов труда (деталей):

$$T_{ц. посл} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} + t_{мо} m, \quad (14)$$

где n – количество деталей в производственной партии, шт.;

i – номер операции технологического процесса обработки;

m – количество операций в технологическом процессе обработки;

$t_{шт. i}$ – штучное время на выполнение i -й операции технологического процесса, мин;

$K_{р. м. i}$ – количество рабочих мест, занятых изготовлением партии деталей на i -й операции технологического процесса;

$t_{мо}$ – время межоперационного пролеживания партии и транспортной пачки (время передачи партии или транспортной партии (пачки) с одной операции на другую), мин.

2. При параллельном виде движения предметов труда:

$$T_{ц. пар} = p \sum_{i=1}^m \frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} + (n - p) \left(\frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} \right)_{\max} + t_{мо} m, \quad (15)$$

где p – количество деталей в транспортной партии (пачке), шт.;

$\left(\frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} \right)_{\max}$ – время выполнения самой продолжительной операции

в технологическом процессе, мин.

3. При параллельно-последовательном виде движения предметов труда:

$$T_{ц. пар-посл} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} \right)_{\text{кор}} + t_{мо} m, \quad (16)$$

где $\sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_{шт. i}}{K_{р. м. i}} \right)_{\text{кор}}$ – сумма времени выполнения коротких операций

из каждой пары смежных операций, мин.

Задача. Рассчитайте длительности производственного цикла, а также постройте графики, отражающие характер протекания производственного цикла, для последовательного, параллельного и параллельно-последовательного вида движения партии деталей на примере следующей производственной ситуации.

Технологический процесс обработки детали включает три операции, продолжительность t_m которых в расчете на одну деталь составляет для операции № 1 – 1,00 мин, операции № 2 – 2,00 мин и операции № 3 – 0,75 мин. Количество рабочих мест $K_{р. м}$ на каждой из трех операций равно 1. Оптимальный размер партии деталей – 8 шт. При этом размер транспортной партии (пачки) – 4 шт. Минимальное время передачи партии (транспортной партии) деталей с одной операции на другую $t_{мо} = 1$ мин.

Методические рекомендации

Каждый расчет по п. 1–3 осуществляется на отдельном листе Excel.

1. Определение длительности производственного цикла при последовательном виде движения партии деталей и построение графика.

1.1. Создать таблицу с исходными данными и таблицу для расчета длительности производственного цикла при последовательном виде движения партии деталей (рис. 5.1).

	A	B	C	D
1		Размер партии деталей	8	
2		Размер транспортной партии	4	
3		Минимальное время передачи партии деталей с одной операции на другую	1	
4				
	№ операции	Продолжительность операции в расчете на одну деталь, мин	Количество рабочих мест	Длительность операции, мин
5				
6	1	1	1	
7	2	2	1	
8	3	0,75	1	
9	Длительность производственного цикла при последовательном виде движения партии деталей			

Рис. 5.1. Подготовка таблиц для расчета

1.2. Рассчитать длительность каждой операции. Например, длительность первой операции составит $8 \cdot (1 / 1) = 8$ мин. Данное значение рассчитано в ячейке D6 при помощи выражения $=\$C\$1*(B6/C6)$.

Аналогичным образом находится длительность каждой последующей операции технологического процесса.

Длительность всего производственного цикла рассчитывается по формуле (14) в ячейке D9 как $=C1*(СУММ(B6/C6;B7/C7;B8/C8))+C3*СЧЁТ(A6:A8)$ и составляет 33 мин. Результат расчета представлен на рис. 5.2.

	A	B	C	D	E	F	G
4							
5	№ операции	Продолжительность операции в расчете на одну деталь, мин	Количество рабочих мест	Длительность операции, мин			
6	1	1	1	8			
7	2	2	1	16			
8	3	0,75	1	6			
9	Длительность производственного цикла при последовательном виде движения партии деталей			33			

Рис. 5.2. Расчет длительности производственного цикла при последовательном виде движения партии деталей

2. Определение длительности производственного цикла при параллельном виде движения партии деталей и построение графика.

2.1. Создать таблицу с исходными данными и таблицу для расчета длительности производственного цикла при параллельном виде движения партии деталей (аналогично рис. 5.1).

2.2. Рассчитать длительность каждой операции. Например, длительность первой операции составляет $4 \cdot (1 / 1) = 4$ мин. Данное значение рассчитано в ячейке D6 при помощи выражения $=\$C\$2*(B6/C6)$.

Аналогичным образом находится длительность каждой последующей операции технологического процесса.

Длительность всего производственного цикла рассчитывается по формуле (15) в ячейке D9 как $=C2*(СУММ(B6/C6;B7/C7;B8/C8))+C1*(СУММ(B6/C6;B7/C7;B8/C8))-C1-C2*(МИН(B6/C6;B7/C7)+МИН(B7/C7;B8/C8))+C3*СЧЁТ(A6:A8)$ и составляет 26 мин. Результат расчета представлен на рис. 5.3.

3. Определение длительности производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения партии деталей и построение графика.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Размер партии деталей	8					
2		Размер транспортной партии	4					
3		Минимальное время передачи партии деталей с одной операции на другую	1					
4								
5	№ операции	Продолжительность операции в расчете на одну деталь, мин	Количество рабочих мест	Длительность операции, мин				
6	1	1	1	4				
7	2	2	1	8				
8	3	0,75	1	3				
9	Длительность производственного цикла при параллельном виде движения партии деталей			26				

Рис. 5.3. Расчет длительности производственного цикла при параллельном виде движения партии деталей

3.1. Создать таблицу с исходными данными и таблицу для расчета длительности производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения партии деталей (аналогично рис. 5.1).

3.2. Рассчитать длительность каждой операции. Например, длительность первой операции составляет $4 \cdot (1 / 1) = 4$ мин. Данное значение рассчитано в ячейке D6 при помощи выражения $=\$C\$2*(B6/C6)$.

Аналогичным образом находится длительность каждой последующей операции технологического процесса.

Длительность всего производственного цикла рассчитывается по формуле (16) в ячейке D9 как $=C2*(СУММ(B6/C6;B7/C7;B8/C8))-C1-C2*(МИН(B6/C6;B7/C7)+МИН(B7/C7;B8/C8))+C3*СЧЁТ(A6:A8)$ и составляет 26 мин. Результат расчета представлен на рис. 5.4.

Изобразить графически длительность производственного цикла при каждом из трех видов движения партии деталей с учетом того, что, например, партию начнут обрабатывать в начале рабочего дня.

Анализ графиков показывает, что при параллельном виде движения наблюдается самый короткий производственный цикл, однако при этом имеют место простои рабочих мест, что экономически нецелесообразно для штучного и мелкосерийного производства. Решение данной проблемы обеспечивается путем применения параллельно-последовательного вида движения партии деталей.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Размер партии деталей	8					
2		Размер транспортной партии	4					
3		Минимальное время передачи партии деталей с одной операции на другую	1					
4								
5	№ операции	Продолжительность операции в расчете на одну деталь, мин	Количество рабочих мест	Длительность операции, мин				
6	1	1	1	4	=C5*2*(B6/C6)			
7	2	2	1	8				
8	3	0,75	1	3				
9	Длительность производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения партии деталей			26	=C1*(СУММ(B6/C6;B7/C7;B8/C8))-(C1*C2)*(МИН(B6/C6;B7/C7)+МИН(B7/C7;B8/C8))+C3*СЧЕТ(A6:A8)			

Окончание таблицы

Вариант	Оптимальный размер производственной партии деталей, шт.	Размер транспортной партии (пачки) деталей, шт.
5	24	4
6	10	2
7	20	4
8	15	5
9	18	6
10	8	4

Рис. 5.4. Расчет длительности производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения партии деталей

Задание для самостоятельной работы

Рассчитайте длительности производственного цикла, а также постройте графики, отражающие характер протекания производственного цикла, для последовательного, параллельного и параллельно-последовательного вида движения партии деталей на примере следующей производственной ситуации.

Технологический процесс обработки детали включает четыре операции, продолжительность $t_{шт}$ которых в расчете на одну деталь составляет для операции № 1 – 1 мин, операции № 2 – 2 мин, операции № 3 – 3 мин и операции № 4 – 2 мин. Количество рабочих мест $K_{р.м}$ по операциям составляет 2, 1, 3 и 2 соответственно. Оптимальный размер партии деталей, а также размер транспортной партии (пачки) отражены в таблице. Минимальное время передачи партии (транспортной партии) деталей с одной операции на другую $t_{мо} = 0,5$ мин.

Таблица

Данные для индивидуальной работы студентов

Вариант	Оптимальный размер производственной партии деталей, шт.	Размер транспортной партии (пачки) деталей, шт.
1	12	3
2	30	6
3	10	5
4	18	6

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой производственный цикл обработки партии деталей?
2. Для чего необходимо сокращать длительность производственного цикла обработки партии деталей?
3. Какие виды движения партии деталей в процессе обработки существуют? В чем заключаются их особенности?
4. Что представляет собой транспортная партия (пачка)?
5. Какой вид движения деталей в процессе обработки наиболее предпочтителен для штучного и мелкосерийного типов производства и почему?

Практическая работа № 6

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ПОСРЕДНИКОВ В ПРОЦЕССЕ РЕАЛИЗАЦИИ ТОВАРА

Цель работы: оптимизировать финансовые риски производителей, минимизировать суммарные затраты на выполнение всех заказов.

Теоретические сведения

Распределительная логистика – это комплекс взаимосвязанных функций, реализуемых в процессе распределения материального потока между различными оптовыми покупателями, т. е. в процессе оптовой продажи товаров.

Задачами распределительной логистики на уровне предприятия, т. е. на микроуровне, являются:

- 1) планирование процесса реализации;
- 2) организация получения и обработки заказа;
- 3) выбор вида упаковки, принятие решения о комплектации;
- 4) выполнение других операций, непосредственно предшествующих отгрузке;
- 5) организация отгрузки продукции;
- 6) организация доставки и контроль за транспортированием;
- 7) организация послереализационного обслуживания.

Задача 1. Имеются данные по затратам на выполнение четырех заказов (табл. 6.1). Каждый из них может быть поручен любому из семи исполнителей. При этом каждый исполнитель может получить не более одного заказа и все заказы должны быть выполнены.

Таблица 6.1

Исходные данные по затратам на выполнение заказов исполнителями

Заказ	Исполнители						
	1	2	3	4	5	6	7
31	5	6	7	8	5	6	5
32	8	10	9	11	11	8	9
33	11	17	14	16	15	18	13
34	14	19	17	15	12	13	17

Необходимо распределить работы между исполнителями для следующих производственных ситуаций:

1. *Ситуация 1* – рассчитать исходный план работ между исполнителями.

2. *Ситуация 2* – по непредвиденным обстоятельствам один/несколько возможных исполнителей снят/-ы с участия в тендере на получение заказа:

– ситуация 2а – исполнитель 1;

– ситуация 2б – исполнители 5 и 6.

Сделать вывод, кто из исполнителей получит заказы в каждом из случаев. Какой эффект будет достигнут?

3. *Ситуация 3* – во время заключительного этапа при проведении тендера исполнитель 2 предложил скидку:

– ситуация 3а – 10 %;

– ситуация 3б – 20 %.

Сделать вывод о целесообразности применения одной из скидок.

При любом из условий план распределения работ по исполнителям должен минимизировать суммарные затраты на выполнение всех заказов.

Решение каждой ситуации разместить на отдельном листе Excel.

Методические рекомендации

Для решения поставленной задачи необходимо внести исходные данные в таблицу на листе Excel (рис. 6.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<i>Затраты на выполнение заказов</i>							
2		Исполнители						
3	Заказ	1	2	3	4	5	6	7
4	31	5	6	7	8	5	6	5
5	32	8	10	9	11	11	8	9
6	33	11	17	14	16	15	18	13
7	34	14	19	17	15	12	13	17

Рис. 6.1. Исходные данные задачи 1 на листе Excel

Для выполнения дальнейших расчетов необходимо создать рабочую матрицу с расчетными ячейками (рис. 6.2):

– в ячейки I11, I12, I13, I14 записывается формула СУММ по соответствующим строкам;

- в ячейки B15, C15, D15, E15, F15, G15, H15 записывается формула СУММ по соответствующим столбцам;
- в ячейку I15 записывается формула для расчета суммарных затрат с учетом тарифов на перевозку: =СУММПРОИЗВ(B4:H7;B11:H14).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
8												
9		Исполнители							Сумма			
10	Заказ	1	2	3	4	5	6	7	по заказу			
11	31	0	0	0	0	0	0	1	1	=СУММ(B11:H11)		
12	32	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
13	33	1	0	0	0	0	0	0	0	1		
14	34	0	0	0	0	1	0	0	1			
15	Сумма по исполнителю	1	0	0	0	1	1	1	36	=СУММПРОИЗВ(B4:H4;B11:H11)		
16												

Рис. 6.2. Рабочая таблица для задачи 1

Исходные данные для каждой ситуации копируются на отдельный лист.

Для расчета минимальных суммарных затрат по каждой ситуации необходимо воспользоваться функцией «Поиск решения».

Ситуация 1. Для расчета исходного плана работ между исполнителями необходимо определить целевую функцию, искомые переменные и ограничения, не противоречащие условиям:

а) переменные задачи могут принимать значения только 1 или 0 в зависимости от того, поручена ли исполнителю соответствующая работа или нет;

б) каждый исполнитель должен выполнить не более одного заказа.

Для этого необходимо вызвать окно «Параметры поиска решения» и задать требуемые параметры:

- целевой функцией является ячейка \$I\$15;
- оптимизация до минимума;
- ячейки переменных – \$B\$11:\$H\$14;
- ограничение по назначению исполнителей: \$B\$15:\$H\$15 <= 1;
- ограничение на бинарность (значение переменных либо 0, либо 1): \$B\$11:\$H\$14 = бин;
- ограничение по распределению заказов между исполнителями: \$I\$11:\$I\$14 = 1;
- в качестве метода решения выбираем симплекс-метод (рис. 6.3).

Для нахождения переменных нажать в окне поиска решения кнопку «Найти решение». Полученное решение отражено на рис. 6.4. Следует отметить, что исполнители 2, 3 и 4 не получают заказы, т. к. ни по одному из заказов затраты на выполнение не будут у них минимальными.

Рис. 6.3. Параметры окна поиска решения для ситуации 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8									
9		Исполнители							Сумма
10	Заказ	1	2	3	4	5	6	7	по заказу
11	31	0	0	0	0	0	0	1	1
12	32	0	0	0	0	0	1	0	1
13	33	1	0	0	0	0	0	0	1
14	34	0	0	0	0	1	0	0	1
15	Сумма по исполнителю	1	0	0	0	1	1	1	36

Рис. 6.4. Результат расчета для ситуации 1

Ситуация 2а. Для того чтобы учесть условие, что исполнитель 1 отсутствует и точно не получит заказ (в бинарном виде получение им заказа будет определено как 0), создается дополнительное ограничение: \$B\$15 = 0. Таким образом, окно поиска решения будет выглядеть так, как показано на рис. 6.5.

Следует отметить, что исполнитель 1 не получит заказ, как и предполагалось. Также заказ не получают исполнители 2 и 4. Кроме того, в отличие от ситуации 1, исполнитель 3 получит заказ (рис. 6.6).

Согласно получившемуся решению сумма затрат при таком распределении составит 39 единиц, что выше исходной ситуации на 3 единицы.

Рис. 6.5. Параметры окна поиска решения для ситуации 2а

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8									
9		Исполнители							Сумма
10	Заказ	1	2	3	4	5	6	7	по заказу
11	31	0	0	0	0	0	0	1	1
12	32	0	0	0	0	0	1	0	1
13	33	0	0	1	0	0	0	0	1
14	34	0	0	0	0	1	0	0	1
	Сумма								
15	по исполнителю	0	0	1	0	1	1	1	39

Рис. 6.6. Результат расчета для ситуации 2а

Ситуация 2б. Для того чтобы учесть условие, что исполнители 5 и 6 отсутствуют и точно не получают заказы, создаются дополнительные ограничения по сравнению с ситуацией 1: $\$F\$15 = 0$ (исполнитель 5 не должен получить заказ); $\$G\$15 = 0$ (исполнитель 6 не должен получить заказ). Таким образом, окно поиска решения будет выглядеть так, как показано на рис. 6.7.

Следует отметить, что исполнители 5 и 6 не получают заказы, как и предполагалось. Также заказ не получит исполнитель 2. Кроме того, в отличие от ситуации 1, исполнители 3 и 4 получают заказы (рис. 6.8). Согласно получившемуся решению сумма затрат при таком распределении составит 40 единиц, что выше исходной ситуации на 4 единицы.

Рис. 6.7. Параметры окна поиска решения для ситуации 2б

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8									
9		Исполнители							Сумма
10	Заказ	1	2	3	4	5	6	7	по заказу
11	31	0	0	0	0	0	0	1	1
12	32	0	0	1	0	0	0	0	1
13	33	1	0	0	0	0	0	0	1
14	34	0	0	0	1	0	0	0	1
	Сумма								
15	по исполнителю	1	0	1	1	0	0	1	40

Рис. 6.8. Результат расчета для ситуации 2б

Результаты расчетов для ситуаций 1 и 2 показали, что при отсутствии на рынке услуг исполнителей с наименьшими затратами заказы отдаются другим исполнителям, но при этом возрастает сумма затрат на выполнение заказов.

Так, отсутствие на рынке услуг исполнителя 1 с минимальными затратами на исполнение заказа № 3 привело к увеличению итоговой суммы затрат на 3 единицы в связи с перераспределением заказов между исполнителями 2–6.

А при отсутствии на рынке услуг исполнителей 5 и 6 с минимальными затратами на исполнение заказов № 4 и № 2 соответственно привело к увеличению итоговой суммы затрат на 4 единицы в связи с перераспределением заказов между исполнителями 1–4 и 7.

Для того чтобы отдельные исполнители могли конкурировать на рынке услуг, они должны предоставлять скидки. Рассмотрим ситуации с предоставлением скидок исполнителем 2.

Ситуация 3. Для того чтобы рассчитать затраты исполнителя с учетом скидок, следует:

- внести в отдельный столбец исходные затраты;
- предусмотреть строку для указания размера скидки;
- рассчитать затраты исполнителя с учетом скидок при помощи поиска решения по ограничениям, аналогичным ситуации 2.

Для *ситуации 3а* предусмотрена скидка, предоставляемая исполнителем 2, в размере 10 %. Ее значение задается в ячейке С8. Остальные исполнители, по условию, скидки не предоставляют. Сам расчет цены исполнителя производится, например по заказу № 1, при помощи формулы $=J4*(1-SC\$8)$, где J4 – затраты до скидки; 1 – коэффициент, учитывающий 100 % затрат (затраты до скидки); SC\$8 – ссылка на значение скидки. Расчет затрат для остальных заказов по исполнителю 2 производится аналогичным образом (рис. 6.9).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Затраты на выполнение заказов									
2		Исполнители								Исходная цена исполнителя № 2
3	Заказ	1	2	3	4	5	6	7		
4	31	5	5,4	7	8	5	6	5		6
5	32	8	9	9	11	11	8	9		10
6	33	11	15,3	14	16	15	18	13		17
7	34	14	17,1	17	15	12	13	17		19
8	Скидка исполнителя	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%		

Рис. 6.9. Расчет затрат исполнителя 2 для ситуации 3а

Таким образом, затраты на заказы исполнителя 2 составят: заказ № 1 – 5,4; № 2 – 9; № 3 – 15,3; № 4 – 17,1.

Расчет показал, что никаких изменений по сравнению с ситуацией 1 не произойдет.

При расчете для *ситуации 3б* необходимо изменить процент скидки исполнителя 2 с 10 % (ситуация 3а) на 20 %. Расчет распределения заказов производится по исполнителям при помощи поиска решения. Результат расчета для ситуации 3б представлен на рис. 6.10.

Результаты расчета показывают, что при скидке 20 % для первоначально установленных затрат исполнитель 2 сможет конкурировать на рынке и получит заказ. Сумма минимальных суммарных затрат на выполнение всех заказов составит 35,8, что ниже исходного значения (по сравнению с ситуацией 1) на 0,2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Затраты на выполнение заказов									
2		Исполнители								Исходная цена исполнителя № 2
3	Заказ	1	2	3	4	5	6	7		
4	31	5	4,8	7	8	5	6	5		6
5	32	8	8	9	11	11	8	9		10
6	33	11	13,6	14	16	15	18	13		17
7	34	14	15,2	17	15	12	13	17		19
8	Скидка исполнителя	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%		
9										
10		Исполнители							Сумма	
11	Заказ	1	2	3	4	5	6	7	по заказу	
12	31	0	1	0	0	0	0	0	1	
13	32	0	0	0	0	0	1	0	1	
14	33	1	0	0	0	0	0	0	1	
15	34	0	0	0	0	1	0	0	1	
16	Сумма по исполнителю	1	1	0	0	1	1	0	35,8	

Рис. 6.10. Результат расчета для ситуации 3б

Задача 2. Имеется определенное число проектов, требующих ежегодных инвестиций, по каждому проекту известна прибыль. Исходные данные отражены в табл. 6.2. При этом суммарные инвестиции за весь пятилетний период не более 100 единиц.

Таблица 6.2

Исходные данные для решения задачи 2

Проект	Необходимые инвестиции					Прибыль
	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	
П1	5	7	11	12	16	14
П2	4	8	16	6	11	17
П3	11	13	15	13	8	18
П4	16	5	19	4	14	19

Определить проекты, которые можно профинансировать с учетом следующих производственных ситуаций:

1. *Ситуация 1* – рассчитать исходный план инвестирования.
2. *Ситуация 2* – в течение каждого года сумма инвестиций не более 30 единиц.

3. *Ситуация 3* – если выбран проект 1, то должен быть выбран и проект 3.

4. *Ситуация 4* – проекты 1 и 2 взаимоисключающие.

Следует отметить, что переменными модели будут двоичные (бинарные) переменные, принимающие значение 1, если проект обеспечен финансированием. Критерием оптимизации является максимум суммарной прибыли.

Методические рекомендации

Для решения поставленной задачи необходимо внести исходные данные в таблицу на листе Excel (рис. 6.11).

	A	B	C	D	E	F	G
1		Необходимые инвестиции					
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль
3	П1	5	7	11	12	16	14
4	П2	4	8	16	6	11	17
5	П3	11	13	15	13	8	18
6	П4	16	5	19	4	14	19

Рис. 6.11. Исходные данные задачи 2 на листе Excel

Для выполнения дальнейших расчетов необходимо добавить в таблицу расчетные ячейки (рис. 6.12):

– в ячейку Н7 записывается целевая функция для расчета прибыли по выбранным проектам. Выражение выглядит следующим образом: =СУММПРОИЗВ(G3:G6;H3:H6);

– в ячейки В7:F7 записывается формула для расчета вложенных инвестиций по годам расчетного периода: =СУММПРОИЗВ по соответствующим столбцам;

– в ячейку G7 записывается выражение для расчета суммарных инвестиций за весь период: =СУММ (В7:F7).

Исходные данные для каждой ситуации копируются на отдельный лист.

Для расчета максимальной суммы прибыли по каждой ситуации необходимо воспользоваться функцией «Поиск решения». Исходные настройки и ограничения поиска решения для каждой из производственных ситуаций представлены на рис. 6.13:

- целевой функцией является ячейка Н7;
- оптимизация до максимума;

- ячейки переменных – \$H\$3:\$H\$6;
- ограничение на бинарность (значение переменных либо 0, либо 1): \$H\$3:\$H\$6 = бин;
- ограничение на суммарные затраты, т. е. затраты по выбранным проектам не должны превышать запланированный размер инвестиций (т. к. по условию имеющиеся инвестиции равны 100 ден. ед.): \$G\$7 <= 100.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты				
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль					
3	П1	5	7	11	12	16	14	0				
4	П2	4	8	16	6	11	17	0				
5	П3	11	13	15	13	8	18	0				
6	П4	16	5	19	4	14	19	1				
7	Всего	16	5	19	4	14	58	19				

=СУММПРОИЗВ(B3:B6;\$H\$3:\$H\$6) =СУММ(B7:F7) =СУММПРОИЗВ(G3:G6;\$H\$3:\$H\$6)

Рис. 6.12. Рабочая таблица для задачи 2

Рис. 6.13. Настройки и ограничения поиска решения для задачи 2

Ситуация 1. Следует рассчитать исходную ситуацию для инвестирования проектов. Для этого достаточно запустить поиск решения с созданными ограничениями. Результат представлен на рис. 6.14.

В результате решения выбраны проекты 1 и 2, прибыль составляет 31 ден. ед., а затраты – 96 ден. ед. При этом вложенные инвестиции составляют: в 1-й год – 9 ден. ед., во 2-й год – 15 ден. ед., в 3-й год – 27 ден. ед., в 4-й год – 18 ден. ед., в 5-й год – 27 ден. ед.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль	
3	П1	5	7	11	12	16	14	1
4	П2	4	8	16	6	11	17	1
5	П3	11	13	15	13	8	18	0
6	П4	16	5	19	4	14	19	0
7	Всего	9	15	27	18	27	96	31

Рис. 6.14. Результат решения исходной ситуации 1

Ситуация 2. В течение каждого года сумма инвестиций должна составлять не более 30 единиц. Для достижения этого необходимо создать строку и внести туда значения по лимитам (рис. 6.15).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль	
3	П1	5	7	11	12	16	14	
4	П2	4	8	16	6	11	17	
5	П3	11	13	15	13	8	18	
6	П4	16	5	19	4	14	19	
7	Всего	0	0	0	0	0	0	0
8	Лимит	30	30	30	30	30		

Рис. 6.15. Рабочая таблица с лимитами по каждому году

В исходные настройки и ограничения поиска решения, представленные на рис. 6.13, следует добавить ограничение на максимальный лимит по каждому году: $\$B\$7:\$F\$7 \leq \$B\$8:\$F\8 (рис. 6.16). Результат решения представлен на рис. 6.17.

Изменяя ячейки переменных:

$\$H\$3:\$H\6

В соответствии с ограничениями:

$\$B\$7:\$F\$7 \leq \$B\$8:\$F\8
 $\$G\$7 \leq 100$
 $\$H\$3:\$H\$6 = \text{бинарное}$

Добавить

Изменить

Рис. 6.16. Настройки и ограничения поиска решения по ситуации 2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль	
3	П1	5	7	11	12	16	14	1
4	П2	4	8	16	6	11	17	1
5	П3	11	13	15	13	8	18	0
6	П4	16	5	19	4	14	19	0
7	Всего	9	15	27	18	27	96	31
8	Лимит	30	30	30	30	30		

Рис. 6.17. Результат решения ситуации 2

В результате решения выбраны проекты 1 и 2, прибыль составляет 31 ден. ед., а затраты – 96 ден. ед. При этом вложенные инвестиции составляют: в 1-й год – 9 ден. ед., во 2-й год – 15 ден. ед., в 3-й год – 27 ден. ед., в 4-й год – 18 ден. ед., в 5-й год – 27 ден. ед., что не противоречит поставленному условию: инвестиции ежегодно не превышают 30 ден. ед.

Ситуация 3. Исходя из условия поставленной задачи (если выбран проект 1, то должен быть выбран и проект 3), необходимо предусмотреть следующее:

- если проект 1 не выбран (0), то проект 3 может быть как выбранным, так и не выбранным (0 или 1);
- если проект 1 выбран (1), то проект 3 тоже должен быть выбран (1).

Данные требования будут соблюдены, в случае если бинарное значение выбора по проекту 3 будет больше или равно значению по проекту 1. Это можно обеспечить, введя ограничение вида $\$H\$5 \geq \$H\3 . Окно поиска решения, с учетом иных условий задачи, будет выглядеть так, как показано на рис. 6.18. Результат решения представлен на рис. 6.19.

Изменяя ячейки переменных:

$\$H\$3:\$H\6

В соответствии с ограничениями:

$\$G\$7 \leq 100$
 $\$H\$3:\$H\$6 = \text{бинарное}$
 $\$H\$5 \geq \$H\3

Добавить

Изменить

Рис. 6.18. Настройки и ограничения поиска решения по ситуации 3

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль	
3	П1	5	7	11	12	16	14	0
4	П2	4	8	16	6	11	17	0
5	П3	11	13	15	13	8	18	0
6	П4	16	5	19	4	14	19	1
7	Всего	16	5	19	4	14	58	19
8	Лимит	30	30	30	30	30		

Рис. 6.19. Результат решения ситуации 3

В результате решения выбран проект 4, прибыль составляет 19 ден. ед., а затраты – 58 ден. ед. При этом вложенные инвестиции составляют: в 1-й год – 16 ден. ед., во 2-й год – 5 ден. ед., в 3-й год – 19 ден. ед., в 4-й год – 4 ден. ед., в 5-й год – 14 ден. ед., что не противоречит поставленному условию: суммарные инвестиции не превышают 100 ден. ед.

Ситуация 4. Исходя из условия поставленной задачи, проекты 1 и 2 должны быть взаимоисключающими. Это значит, что:

- если выбран проект 1 (1), то проект 2 не должен быть выбран (0);
- если выбран проект 2 (1), то проект 1 не должен быть выбран (0).

Для соблюдения данных требований сумма бинарных значений выбора по проектам 1 и 2 не должна превышать 1. Это можно обеспечить, введя соответствующее ограничение, но для этого необходимо в ячейке Н9 рассчитать контрольную сумму: =Н3+Н4 (рис. 6.20).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты	
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль		
3	П1	5	7	11	12	16	14		
4	П2	4	8	16	6	11	17		
5	П3	11	13	15	13	8	18		
6	П4	16	5	19	4	14	19		
7	Всего	0	0	0	0	0	0	0	
8									
9							Контрольная сумма	0	=Н3+Н4

Рис. 6.20. Расчет контрольной суммы

После расчета контрольной суммы следует ввести дополнительное ограничение: \$H\$9 <= 1. Окно поиска решения, с учетом иных

условий задачи, будет выглядеть так, как показано на рис. 6.21. Результат решения представлен на рис. 6.22.

Рис. 6.21. Настройки и ограничения поиска решения по ситуации 4

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Необходимые инвестиции						Выбранные проекты
2	Проект	1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год	Прибыль	
3	П1	5	7	11	12	16	14	0
4	П2	4	8	16	6	11	17	0
5	П3	11	13	15	13	8	18	0
6	П4	16	5	19	4	14	19	1
7	Всего	16	5	19	4	14	58	19
8								
9							Контрольная сумма	0

Рис. 6.22. Результат решения ситуации 4

В результате решения выбран проект 4, прибыль составляет 19 ден. ед., а затраты – 58 ден. ед. При этом вложенные инвестиции составляют: в 1-й год – 16 ден. ед., во 2-й год – 5 ден. ед., в 3-й год – 19 ден. ед., в 4-й год – 4 ден. ед., в 5-й год – 14 ден. ед., что не противоречит поставленному условию: контрольная сумма не превышает 1 и суммарные инвестиции не превышают 100 ден. ед.

Результатом решения является максимум прибыли. Таким образом, наиболее выгодными являются ситуации 1 и 2 (прибыль – 31 ден. ед.).

Задания для самостоятельной работы

Задача 1. Имеются данные по затратам на выполнение заказов (табл. 6.3). Необходимо распределить работы между исполнителями для следующих производственных ситуаций, при этом каждый исполнитель должен получить не более 1 заказа:

1. *Ситуация 1* – рассчитать исходный план работ между исполнителями.

2. *Ситуация 2* – по непредвиденным обстоятельствам один/несколько возможных исполнителей (в зависимости от варианта) снят/-ы с участия в тендере на получение заказа (табл. 6.4). Сделать вывод, кто из исполнителей получит заказы в каждом из случаев. Какой эффект будет достигнут?

3. *Ситуация 3* – во время заключительного этапа при проведении тендера один из исполнителей, определенный вариантом, предложит скидку. Определить оптимальный размер скидки (табл. 6.4). Сделать вывод о целесообразности применения одной из скидок.

Таблица 6.3

Исходные данные по затратам на выполнение заказов исполнителями

Заказ	Исполнители													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
31	17	31	22	41	39	47	34	28	47	48	34	48	16	36
32	47	29	18	42	25	33	22	17	46	48	32	46	17	31
33	31	36	33	17	50	36	36	25	20	45	38	17	32	19
34	43	31	42	48	24	28	37	26	41	41	17	43	38	48
35	20	27	25	38	48	39	21	38	44	17	25	39	46	21
36	31	31	34	19	18	34	17	49	34	42	39	43	18	46

Таблица 6.4

Исходные данные для решения задачи 1

Условие	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Отсутствует исполнитель	2	3	2	8	6	2	3	3	2	9
Исполнитель, предоставляющий скидку	9	6	8	9	13	13	8	13	6	13
Исполнитель, предоставляющий скидку	1	4	5	7	10	11	12	14	4	5

При всех условиях план распределения работ по исполнителям должен минимизировать суммарные затраты на выполнение всех заказов.

Решение каждой ситуации разместить на отдельном листе Excel.

Задача 2. Имеется определенное число проектов, требующих ежегодных инвестиций, по каждому проекту известна прибыль. Исходные данные с учетом максимальных суммарных инвестиций отражены в табл. 6.5.

Определить проекты, которые можно профинансировать с учетом следующих производственных ситуаций:

- ситуация 1 – рассчитать исходный план инвестирования;
- ситуация 2 – в течение 1-го года сумма инвестиций составляет 40 единиц (лимит), затем увеличивается на 10 % ежегодно;
- ситуация 3 – если выбран проект N , то должен быть выбран и проект M ;
- ситуация 4 – проекты согласно варианту задания взаимоисключающие.

Таблица 6.5

Исходные данные для решения задачи 2

Проект	Необходимые инвестиции по годам реализации проекта					Прибыль	Вариант	Максимальные суммарные инвестиции	Ситуация 3		Взаимоисключающие проекты
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й				N	M	
1	14	28	25	29	19	32	1	250	5	4	2 и 9
2	30	19	17	29	23	33	2	350	4	9	2 и 11
3	28	26	13	26	13	31	3	310	2	5	5 и 9
4	22	16	17	21	25	28	4	320	4	11	3 и 9
5	25	25	14	18	16	28	5	280	12	5	8 и 11
6	23	25	20	11	23	28	6	380	6	9	2 и 9
7	19	21	21	12	17	24	7	300	8	4	9 и 11
8	10	15	19	13	24	27	8	370	4	8	5 и 12
9	15	24	23	30	16	33	9	390	6	9	9 и 11
10	25	27	16	26	17	30	10	260	6	8	7 и 8
11	30	27	17	16	11	33					
12	20	17	14	22	15	25					

Контрольные вопросы

1. Что изучает распределительная логистика?
2. Каковы задачи распределительной логистики?
3. Какой исполнитель наиболее важен при распределении?
4. Какую скидку должен сделать последний из не вошедших в план исполнителей, чтобы получить заказ?

Практическая работа № 7

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕРА ЗАКАЗА МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАПАСОВ

Цель работы: изучить основные возможности использования встроенных функций MS Excel для решения задач управления запасами.

Теоретические сведения

1. Для определения оптимального размера партии поставки для простейшей модели используется формула (17):

$$Q = \sqrt{\frac{2KV}{S}}, \quad (17)$$

где Q – оптимальный размер партии поставки, т;

V – потребность в материале, т;

S – затраты на хранение 1 т в год, ден. ед.;

K – затраты подготовительно-заключительных операций, ден. ед.

Для модели с дефицитом при учете неудовлетворенных требований используется формула (18):

$$Q = \sqrt{\frac{2KV}{S} \sqrt{1 + \frac{S}{D}}}, \quad (18)$$

где D – удельные издержки дефицита.

2. Для определения оптимального интервала между поставками используется формула (19). При получении результата необходимо учесть, что в расчетах используется годовая потребность комбината в цементе.

$$T = \frac{Q}{V}, \quad (19)$$

где T – оптимальный интервал между поставками;

Q – оптимальный размер партии поставки, т.

3. Для определения числа поставок в год используется формула

$$n = \frac{Vt}{Q}, \quad (20)$$

где n – число поставок в год;

t – период поставок (равен одному году).

4. Среднегодовые затраты, связанные с заказом, доставкой и хранением цемента, можно определить по формуле

$$L = t\sqrt{2KSV}, \quad (21)$$

где L – среднегодовые затраты, ден. ед.

Для модели с дефицитом при учете неудовлетворенных требований используется формула

$$L = t\sqrt{2KSV} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{S}{D}}}. \quad (22)$$

5. Точка заказа (т. е. остаток материалов на складе, при котором необходимо сделать следующий заказ) рассчитывается по формулам (22) и (23).

Если запасы пополняются мгновенно, то точка заказа определяется по формуле

$$T_{\text{заказа}} = Z_{\text{стр}} + \frac{Vt_{\text{дост}}}{360}, \quad (23)$$

где $T_{\text{заказа}}$ – точка заказа, шт.;

$Z_{\text{стр}}$ – размер страхового запаса, шт.;

$t_{\text{дост}}$ – временная задержка между моментом подачи заказа и моментом его получения, дни.

Если запасы пополняются в течение определенного периода времени, то точка заказа определяется по формуле

$$T_{\text{заказа}} = Z_{\text{стр}} + \frac{V(t_{\text{дост}} + \Delta t_{\text{дост}})}{360}, \quad (24)$$

где $\Delta t_{\text{дост}}$ – интервал поступления заказа (временная задержка между первым поступлением и полным выполнением заказа), дни.

6. Вместимость (емкость) склада определяется по формуле

$$E = \frac{G}{n}, \quad (25)$$

где E – емкость склада, т;

G – годовой грузооборот, т.

Задача. Годовая потребность комбината в цементе составляет 550 т. Затраты на хранение 1 т составляют 1 ден. ед. в год. Связанные с каждой поставкой затраты подготовительно-заключительных операций, не зависящие от величины поставляемой партии, равны 25 ден. ед.

Найти: оптимальный размер партии поставки, оптимальный интервал между поставками, число поставок и годовые затраты, связанные с работой складской системы.

Методические рекомендации

1. Создать исходную таблицу и таблицу для дальнейшего расчета (рис. 7.1).

	А	В
1	V – потребность в материале	55
2	S – затраты на хранение 1 т в год, ден. ед.	1
3	K – затраты подготовительно-заключительных операций, ден. ед.	25
4	Q – оптимальный размер партии поставки	
5	T – оптимальный интервал между поставками	
6	n – число поставок в год	
7	Годовые затраты, связанные с работой склада	

Рис. 7.1. Исходные данные для решения задачи

2. Произвести расчет показателей в таблице (рис. 7.2) по соответствующим формулам, перечисленным выше.

В ячейки В4, В5, В6, В7 введите формулы для расчета нужных показателей. Результаты округлить:

- оптимальный размер партии поставки – до сотых;
- оптимальный интервал между поставками, рассчитанный до дней, – до целого числа;
- число поставок в год – до целого числа в большую сторону;
- годовые затраты, связанные с работой складской системы, – до сотых.

	А	В
1	V – потребность в материале	55
2	S – затраты на хранение 1 т в год, ден. ед.	1
3	K – затраты подготовительно-заключительных операций, ден. ед.	25
4	Q – оптимальный размер партии поставки	52
5	T – оптимальный интервал между поставками	1
6	n – число поставок в год	1
7	Годовые затраты, связанные с работой склада	52,440

Рис. 7.2. Результат решения задачи

3. Результат сохранить в своей папке на диске.

Задания для самостоятельной работы

Задача 1. Годовая потребность молокозавода в молоке составляет V тыс. т, затраты на хранение 1 т в год – S ден. ед. Связанные с каждой поставкой затраты подготовительно-заключительных операций, не зависящие от величины поставляемой партии, равны K ден. ед.

Найти: оптимальный размер партии поставки, оптимальный интервал между поставками, число поставок и годовые затраты, связанные с работой складской системы.

Вариант выбрать по последней цифре номера компьютера.

Таблица 7.1

Исходные данные для решения задачи 1

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	8000	4000	10 000	15 000	2000	3000	9000	7000	4500	3200
S	5	2	10	10	8	3	15	12	10	9
K	50	40	200	40	10	90	25	150	200	90

Решение задачи оформить аналогично примеру и сохранить в своей папке.

Практическая работа № 8

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Цель работы: изучить основные системы управления запасами, использовать встроенные функции MS Excel для решения задач управления запасами.

Теоретические сведения

Существуют две основные системы управления запасами, на которые опираются все остальные:

- система с фиксированным размером заказа;
- система с фиксированным интервалом времени между заказами.

В системе с фиксированным размером заказа ожидаемое дневное потребление рассчитывается по формуле

$$\text{ОДП} = S / N, \quad (26)$$

где S – объем оборота за определенный период;
 N – количество рабочих дней в данном периоде.

Срок расходования запасов

$$T_{\text{рз}} = \text{ОРЗ} / \text{ОДП}, \quad (27)$$

где ОРЗ – оптимальный размер заказа.

Ожидаемое потребление товара за время поставки

$$\text{ОП} = \text{ОДП} T_{\text{п}}, \quad (28)$$

где $T_{\text{п}}$ – время поставки, дни.

Гарантированный запас

$$\text{ГЗ} = \text{ОДП} + T_{\text{зп}}, \quad (29)$$

где $T_{\text{зп}}$ – возможное время задержки поставки.

Пороговый уровень запасов

$$\text{ПУ} = \text{ГЗ} + \text{ОП}. \quad (30)$$

Максимальный желательный уровень заказа

$$\text{МЖЗ} = \text{ОРЗ} + \text{ГЗ}. \quad (31)$$

Задача 2 (модель с дефицитом при учете неудовлетворенных требований). Минскому автомобильному заводу для производства автомобилей необходимо V тыс. т листовой стали в год. Стоимость хранения составляет S ден. ед. за 1 т в год. Издержки на размещение заказа равны K ден. ед. Листовую сталь завод закупает на Белорусском металлургическом комбинате. Время доставки стали равно $t_{\text{дост}}$, на окончательную разгрузку необходимо время $\Delta t_{\text{дост}}$. Неудовлетворенные требования берутся на учет. Удельные издержки дефицита составляют D ден. ед. за нехватку единицы продукции в течение года.

Найти: оптимальный размер партии поставки листовой стали, оптимальный интервал между поставками, число поставок, годовые затраты, связанные с работой складской системы, точку заказа и оптимальную емкость склада.

Таблица 7.2

Исходные данные для решения задачи 2

Показатель	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V	6200	6000	4000	4500	6000	4000	8000	9500	4200	6101
S	496	154	265	451	236	457	354	146	512	410
K	1296	1500	2143	6543	3532	3256	1245	3264	4512	5213
D	3600	3500	4000	5000	2300	4100	5200	6100	3400	1560
$t_{\text{дост}}$	10	15	12	11	12	6	24	30	15	6
$\Delta t_{\text{дост}}$	2	10	6	4	0	0	12	30	5	1
$Z_{\text{стр}}$	100	10	0	0	10	15	20	20	0	10

Решение задачи оформить аналогично примеру и сохранить в своей папке.

Контрольные вопросы

1. Как определить оптимальный размер партии поставки для простейшей модели?
2. Как определить оптимальный размер партии поставки для модели с дефицитом при учете неудовлетворенных требований?
3. Какая формула используется для определения оптимального интервала между поставками?
4. Какие данные необходимы для определения числа поставок в год?

Срок расходования запасов до порогового уровня

$$T_{\text{рпу}} = (\text{МЖЗ} - \text{ПУ}) / \text{ОДП}. \quad (32)$$

Задача. Потребность в материале А на производство продукции в месяц составляет 550 единиц. Оптимальный размер заказа материала – 250 единиц. Время поставки товара – 5 дней. По не зависящим от организации причинам время задержки второй поставки составит 2 дня. Число рабочих дней в месяце – 22 дня. Ежедневный расход материала А представлен в табл. 8.1. Начальный запас материала А на складе – 290 шт.

Таблица 8.1

Ежедневный расход материала А

Рабочий день	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Потребность, шт.	27	25	27	26	28	27	25	24	26	24	25
Рабочий день	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Потребность, шт.	24	23	25	24	23	27	26	21	28	25	20

Рассчитать параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа. Построить график движения запасов в системе с фиксированным размером заказа:

- при условии поставки материала вовремя;
- при условии поставки материала с задержкой на 2 дня сверх установленного времени;
- при условии только второй поставки материала с задержкой на 2 дня сверх установленного времени.

Методические рекомендации

Для решения данной задачи и построения графика необходимо выполнить действия поэтапно.

Этап 1. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа.

Для расчета необходимо знать следующие параметры:

- объем оборота S ;
- оптимальный размер заказа ОРЗ;
- время поставки товара $T_{\text{п}}$;
- возможное время задержки поставки $T_{\text{зп}}$.

Далее требуется рассчитать основные параметры рассматриваемой системы (рис. 8.1):

– ожидаемое дневное потребление, формула (26).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку В6 следует ввести выражение =B1/B5. Значение будет рассчитано как $550 / 22 = 25$;

– срок расходования запасов, формула (27).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку В7 следует ввести выражение =B2/B6. Значение будет рассчитано как $250 / 25 = 10$;

– ожидаемое потребление товара за время поставки, формула (28).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку В8 следует ввести выражение =B6*B3. Значение будет рассчитано как $25 \cdot 5 = 125$;

– гарантированный запас, формула (29).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку В9 следует ввести выражение =B6*B4. Значение будет рассчитано как $25 \cdot 2 = 50$;

– пороговый уровень запасов, формула (30).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку В10 следует ввести выражение =B9+B8. Значение будет рассчитано как $50 + 125 = 175$;

	A	B	C	D	E	F	G
1	Потребность (S)	550					
2	Оптимальный размер заказа (ОРЗ)	250					
3	Время поставки (Тп)	5					
4	Время задержки поставки (Тзп)	2					
5	Число рабочих дней (N)	22					
6	Ожидаемое дневное потребление, штук	25			=B1/B5		
7	Срок расходования запасов (Трз), дней	10			=B2/B6		
8	Ожидаемое потребление товара за время поставки (ОП), штук	125			=B6*B3		
9	Гарантированный запас (резервный запас), штук	50			=B6*B4		
10	Пороговый уровень запасов (текущий запас), штук	175			=B9+B8		
11	Максимальный желательный уровень заказа (МЖУ), штук	300			=B2+B9		
12	Срок расходования запасов до порогового уровня (Трпу), дней	5			=B11-B10)/B6		

Рис. 8.1. Расчет параметров системы управления запасами с фиксированным размером заказа

– максимальный желательный уровень заказа, формула (31).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку B11 следует ввести выражение $=B2+B9$. Значение будет рассчитано как $250 + 50 = 300$;

– срок расходования запасов до порогового уровня, формула (32).

При вычислениях по приведенной формуле в ячейку B12 следует ввести выражение $=(B11-B10)/B6$. Значение будет рассчитано как $(300 - 175) / 25 = 5$ дней.

Этап 2. Построение графика движения запасов.

Для построения графика движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа необходимо составить предварительную таблицу с учетом ежедневной потребности в материале А. При этом:

– в строке 16 указывается каждый рабочий день месяца (с 0 по 22);

– в строке «Потребность» указывается: в качестве исходного показателя (день 0) – ожидаемое дневное потребление, рассчитанное на первом этапе, а в качестве ежедневной потребности (с 1-го по 22-й день) – ежедневная потребность в материале, исходя из табл. 8.1;

– в строках «Максимальный желательный уровень заказа», «Гарантированный запас», «Пороговый уровень запасов» на каждый день указывается соответствующее значение, рассчитанное на первом этапе;

– в строке «Изменение запасов» в качестве исходного показателя (день 0) указывается значение начального запаса материала на складе – 290 шт., а ежедневное наличие запасов (с 1-го по 22-й день) необходимо рассчитать с учетом условий:

условие 1: подать заявку на заказ материала А, если запас материала достиг порогового уровня, при этом заказ должен быть доставлен в установленный срок (5 дней);

условие 2: задержка второй поставки не превышает 2 дня;

условие 3: пополнение запаса осуществляется в оптимальном объеме;

условие 4: запас на складе всегда больше или равен 0.

Таким образом, с учетом данных ограничений функция для расчета изменения запасов с 1-го по 22-й день (при условии, что задержки доставки не будет) для ячейки C20 будет следующей: $=ЕСЛИ(B20-C17<C19;B20-C17+BS2;B20-C17)$ (рис. 8.2).

16		0	1	2	3	...	20	21	22
17	Потребность, шт	25	27	25	27	...	28	25	20
18	Максимальный желательный уровень заказа (МЖУ), штук	300	300	300	300	...	300	300	300
19	Гарантированный запас (резервный запас), штук	50	50	50	50	...	50	50	50
20	Изменение запасов, шт	290	263	238	211	...	285	260	240
21	Пороговый уровень запасов (ПУ), шт	175	175	175	175	...	175	175	175

Рис. 8.2. Исходный вид расчетной таблицы для моделирования движения запасов

Далее следует построить график по показателям: «Пороговый уровень запасов», «Изменение запасов», «Максимальный желательный уровень заказа» и «Гарантированный запас» (рис. 8.3). График строится при помощи точечной диаграммы с добавлением линий с учетом того, что в день поставки будет две точки: первая – запасы без учета поставки, вторая – запасы с учетом поставки.

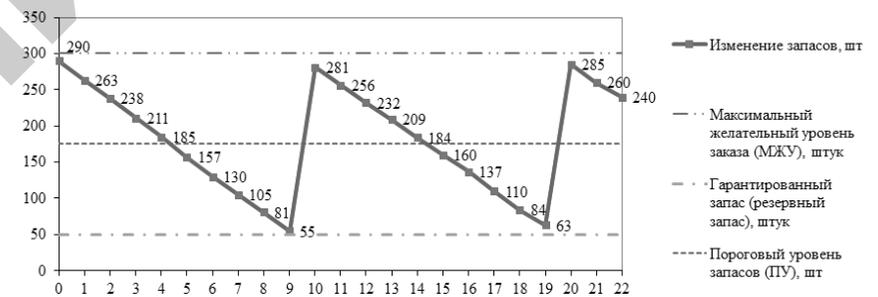


Рис. 8.3. Предварительный график движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии поставки материала вовремя (время поставки – 5 дней)

Следует отметить, что минимальная точка запасов при условии, что 1-я и 2-я поставки материала будут осуществлены вовремя, составит 55 и 63 соответственно. При этом поставки будут осуществлены на 9-й и на 19-й дни. На рис. 8.4 видно, что поставка осуществится на 10-й и на 20-й дни, а это неверно, т. к. товары должны быть доставлены до этих дней, т. е. запасы на момент 1-й и 2-й поставки должны приходиться на 9-й и 19-й дни. Иными словами, иметь смещение на 1 день. А линия запасов на день поступления поставки должна строиться на основе двух точек (количество запасов до поставки и после), т. е. быть партикулярной относительно оси «день» в дни поставок (рис. 8.4).

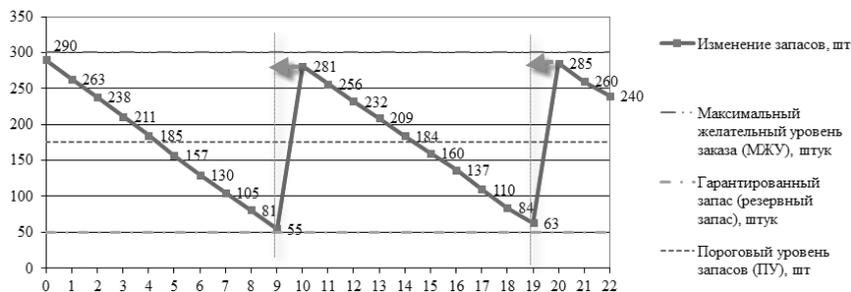


Рис. 8.4. Изменение графика движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии поставки материала вовремя (время поставки – 5 дней)

Для того чтобы добиться поставленной цели, в данном случае необходимо на 9-й и 18-й дни иметь 2 точки, т. е. проверить дни на поступление материалов. Для этого, начиная с дня 1, вместо числового дня ввести формулу, которая бы проверила, была поставка или нет. Например, для ячейки С16 она будет выглядеть следующим образом: =ЕСЛИ(С20>=В20;В16;В16+1). Кроме того, поскольку имеют место 2 поставки, после ввода формулы необходимо иметь 22 дня потребления запасов, а само потребление запасов должно соответствовать исходным значениям в соответствующие дни (рис. 8.5). Тогда график будет выглядеть так, как показано на рис. 8.6.

Далее следует дублировать лист с решением и построить на копии график движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии задержки поставки материала на 2 дня.

	A	B	C	D	...	K	L	...	U	V	W	X	Y	Z
15														
16		0	1	2	...	9	9	...	18	18	19	20	21	22
17	Потребность, шт	25	27	25	...	26	26	...	26	26	21	28	25	20
18	Максимальный желательный уровень заказа (МЖУ), штук	300	300	300	...	300	300	...	300	300	300	300	300	300
19	Гарантированный запас (резервный запас), штук	50	50	50	...	50	50	...	50	50	50	50	50	50
20	Изменение запасов, шт	290	263	238	...	55	279	...	58	282	261	233	208	188
21	Пороговый уровень запасов (ПУ), шт	175	175	175	...	175	175	...	175	175	175	175	175	175

Рис. 8.5. Вид расчетной таблицы для моделирования движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии поставки материала вовремя (время поставки – 5 дней)

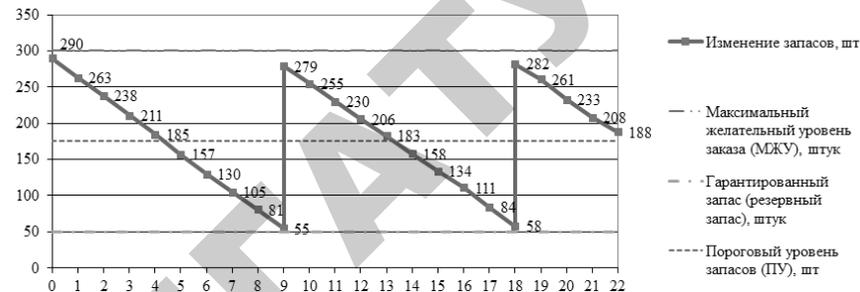


Рис. 8.6. График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии поставки материала вовремя (время поставки – 5 дней)

Если учесть, что возможное время задержки поставки материала может составить 2 дня, то следует рассмотреть, как изменится график «Изменение запасов». При этом функция для расчета изменения запасов с 1-го по 22-й день, например для ячейки С20, будет иметь вид =ЕСЛИ(В20-С17<=0;В20-С17+\$B\$2;В20-С17). Тогда расчетная таблица и график будут выглядеть так, как показано на рис. 8.7–8.8.

Учитывая условие, что произойдет задержка лишь второй поставки на 2 дня, доставка будет осуществлена не на 18-й день, а на 20-й, при этом первая поставка будет осуществлена на 9-й день.

С учетом вышеизложенного очевидно, что расчет «Изменение запасов» с 1-го по 18-й и с 21-го по 22-й день аналогичен и формула, например для ячейки С20, будет иметь вид =ЕСЛИ(В20-С17<=С19;В20-С17+\$B\$2;В20-С17). А с 19-го по 20-й день расчет будет произведен с учетом задержки поставки, например для ячейки V20: =ЕСЛИ(U20-V17<=0;U20-V17+\$B\$2;U20-V17). Результат представлен на рис. 8.9.

	A	B	C	D	L	M	N	V	W	X	Y	Z
15												
16		0	1	2	...	11	11	...	20	20	21	22
17	Потребность, шт	25	27	25	...	25	25	...	28	28	25	20
18	Максимальный желательный уровень заказа (МЖУ), штук	300	300	300	...	300	300	...	300	300	300	300
19	Гарантированный запас (резервный запас), штук	50	50	50	...	50	50	...	50	50	50	50
20	Изменение запасов, шт	290	263	238	...	6	231	...	10	232	207	187
21	Пороговый уровень запасов (ПУ), шт	175	175	175	...	175	175	...	175	175	175	175

Рис. 8.7. Исходный вид расчетной таблицы для моделирования движения запасов с опозданием на 2 дня

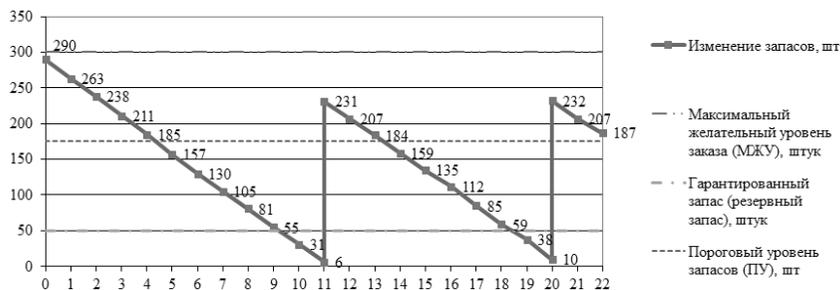


Рис. 8.8. График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии поставки материала с задержкой на 2 дня

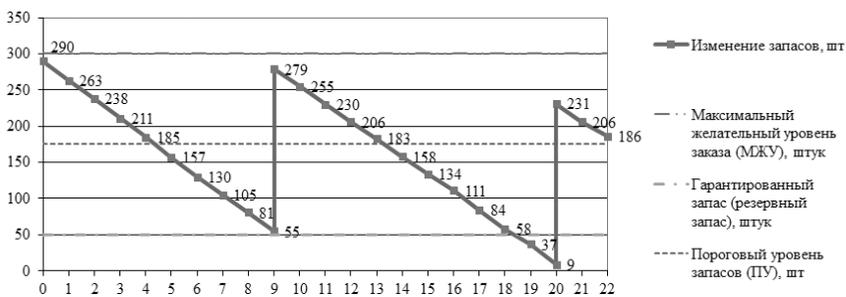


Рис. 8.9. График движения запасов в системе управления запасами с фиксированным размером заказа при условии первой поставки материала вовремя, а второй поставки с задержкой на 2 дня

Вывод: при условии, что начальный запас материала А на складе – 290 шт., время поставки товара – 5 дней, а время задержки второй поставки – 2 дня, запас материала А на складе на 4-й день составит 185 единиц, а к концу 5-го рабочего дня планируется его снижение до 157 единиц. В этот период и необходимо сделать заявку на поставку материалов, т. к. поставка займет 5 дней и в течение данного периода запасы материалов снизятся до 55 единиц. Планируется, что на 9-й рабочий день будет осуществлена доставка и общий запас материалов на складе составит 279 единиц. С учетом того, что запас материала А на складе ежедневно снижается, а его поставка задерживается на 2 дня, то на 20-й рабочий день его запас снизится до 9 единиц. Если по каким-либо причинам поставка материала не будет осуществлена к концу рабочего дня, то линию по производству продукции необходимо будет остановить до тех пор, пока на склад не поступит материал. В рассматриваемом примере показано, что мате-

риал А будет доставлен в течение 7 дней с момента его заказа (с учетом задержки поставки на 2 дня). И на конец последнего рабочего дня (на 22-й день) на складе будет запас материала А в 186 единиц.

Задания для самостоятельной работы

Задача. Потребность в материале А на производство продукции в месяц S , оптимальный размер заказа материала ОРЗ, время поставки товара $T_{п}$, время задержки поставки $T_{зп}$ даны в табл. 8.2 согласно варианту. Число рабочих дней в месяце – 22 дня. Ежедневный расход материала А представлен в табл. 8.3. Начальный запас материала А на складе – 290 шт. По независящим от организации причинам время задержки Z -поставки составит $T_{зп}$ дней (в соответствии с вариантом).

Таблица 8.2

Основные показатели для решения задачи

Вариант	Потребность S	Оптимальный размер заказа ОРЗ	Время поставки $T_{п}$	Время задержки поставки $T_{зп}$	Z-поставка (поставка, которая задерживается)
1	401	145	7	3	Третья
2	422	169	6	4	Первая
3	416	131	4	3	Вторая
4	392	139	4	4	Третья
5	388	151	6	2	Вторая
6	441	141	7	4	Третья
7	401	167	7	3	Вторая
8	410	140	5	2	Первая
9	430	182	6	4	Вторая
10	381	138	7	4	Первая

Таблица 8.3

Ежедневный расход материала А для решения задачи

Вариант	Рабочие дни										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	15	18	17	23	23	19	16	18	13	13	16
2	15	20	21	15	20	22	24	23	15	15	21
3	14	25	19	18	16	15	13	19	20	17	20
4	15	24	14	16	19	20	25	12	15	18	24
5	16	20	20	25	12	21	20	12	12	23	25

Вариант	Рабочие дни										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6	23	25	22	16	19	20	22	16	17	25	25
7	21	16	15	15	14	18	19	23	16	25	18
8	18	21	23	19	13	19	21	19	21	16	19
9	19	23	18	17	15	23	16	21	21	17	13
10	21	16	12	22	23	17	13	20	12	20	17
Вариант	Рабочие дни										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	13	20	23	24	16	24	24	16	19	16	15
2	17	15	23	18	17	24	12	24	20	20	21
3	23	20	24	12	22	25	21	13	17	25	18
4	16	21	14	17	23	25	17	12	13	18	14
5	20	12	16	14	23	17	13	13	14	18	22
6	24	18	22	23	14	12	22	25	19	20	12
7	22	25	13	24	14	19	13	22	12	14	23
8	12	22	25	13	15	24	18	15	18	15	24
9	25	18	15	22	24	13	22	19	19	25	25
10	19	14	22	15	14	13	20	15	21	13	22

Рассчитать параметры системы управления запасами с фиксированным размером заказа. Построить график движения запасов в системе с фиксированным размером заказа:

- при условии поставки материала вовремя;
- при условии поставки материала с задержкой на $T_{зп}$ дней сверх установленного времени;
- при условии только Z-поставки материала с задержкой на $T_{зп}$ дней сверх установленного времени.

Контрольные вопросы

- Как рассчитать оптимальный размер партии товара?
- Как определить общие издержки?
- Как рассчитать суммарные издержки?
- Как определяется эффективный интервал между заказами?
- Что называют экономичным размером партии?

Практическая работа № 9

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ABC–XYZ-АНАЛИЗА

Цель работы: применение метода ABC–XYZ-анализа для управления запасами.

Теоретические сведения

Метод ABC-анализа позволяет распределять продукты по категориям, показывающим степень важности контроля запасов. Для этого применяется стандартный анализ Парето, или «правило 80/20»:

- 80 % стоимости товара определяется 20 % входящих в него позиций;
- 80 % ежедневного объема продукции производится за 20 % рабочего времени;
- 80 % стоимости запасов дают 20 % наименований хранимых на складе запасов.

К *группе А* относятся наименования в списке, начиная с первого, сумма накопленных стоимостей которых составляет 70–80 % от суммарной стоимости всех потребленных за этот период материальных ресурсов. Опыт показывает, что обычно в эту группу попадает 15–25 % всей номенклатуры.

В *группу В* попадает примерно треть наименований ресурсов, сумма стоимостей которых составляет 20–40 %.

К *группе С* относятся все оставшиеся позиции номенклатуры, суммарная стоимость которых составляет лишь 5–10 %. При этом не следует забывать о «якорных позициях», отсутствие которых может привести к потере продаж в группе *А* или *В*.

XYZ-анализ позволяет произвести классификацию ресурсов компании в зависимости от характера их потребления и точности прогнозирования изменений в их потребности в течение определенного временного цикла.

Группировка ресурсов при проведении XYZ-анализа осуществляется в порядке возрастания коэффициента вариации.

К *группе Х* относят ресурсы, характеризующиеся стабильной величиной потребления, незначительными колебаниями в их расходе и высокой точностью прогноза.

Группа Y – это ресурсы, потребность в которых характеризуется известными тенденциями (например, сезонными колебаниями) и средними возможностями их прогнозирования.

Ресурсы, относимые к группе Z, потребляются нерегулярно, точность их прогнозирования невысокая.

Формула для расчета коэффициента вариации:

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}}} 100 \%, \quad (33)$$

где i – номер интервала;

n – количество (число) интервалов, на которое разбивается установленный период;

x_i – i -е значение величины спроса по отдельной товарной позиции;

\bar{x} – среднее значение величины спроса.

Рекомендуемое распределение коэффициента вариации по группам:

- от 0 до 10 % – группа X;
- от 10 до 25 % – группа Y;
- более 25 % – группа Z.

Очень часто XYZ-анализ проводят совместно с ABC-анализом, позволяя выделять более точные группы относительно их свойств.

Совмещение результатов XYZ-анализа с данными ABC-анализа образует девять групп ресурсов, для каждой из них необходимо разработать свои техники управления, при этом каждая из групп имеет свою характеристику: стоимость запасов и точность прогнозирования потребности в них.

Задача. Провести ABC–XYZ-анализ продаж, выявить ключевые, наиболее важные позиции торговой организации и установить на этой основе приоритеты в структуризации бизнес-процессов.

Оборот за анализируемый период представлен в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Номенклатура продукции для проведения анализа

Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
Сахар	2904	3342	4230
Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432
Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706

Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
Мука овсяная	3383	4112	4907
Макароны	2178	3425	4402
Крупа ячневая	2844	3562	3809
Крупа перловая	11000	13575	14120
Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970
Крупа и хлопья	19250	19780	22421
Каша	21596	24334	25602

Методические рекомендации

1. Создать таблицу номенклатуры товаров и оборота за квартал по каждой позиции товаров предприятия (рис. 9.1).

	A	B	C	D
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1				
2	Сахар	2904	3342	4230
3	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432
4	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706
5	Мука овсяная	3383	4112	4907
6	Макароны	2178	3425	4402
7	Крупа ячневая	2844	3562	3809
8	Крупа перловая	11000	13575	14120
9	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970
10	Крупа и хлопья	19250	19780	22421
11	Каша	21596	24334	25602

Рис. 9.1. Номенклатура продукции для проведения ABC-анализа

2. Рассчитать оборот за квартал по каждой группе товаров при помощи функции СУММ.

Например, расчет оборота организации по первому виду товара (в ячейке E2) будет иметь вид =СУММ(B2:D2). Сумма составит 10 410 руб. Аналогичным образом рассчитать сумму оборотов по остальной номенклатуре товаров. Результат расчета представлен на рис. 9.2.

	A	B	C	D	E	F	G
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.		
1						=СУММ(B2:D2)	
2	Сахар	2904	3342	4230	10476		
3	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112		
4	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410		
5	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402		
6	Макароны	2178	3425	4402	10005		
7	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215		
8	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695		
9	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020		
10	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451		
11	Каши	21596	24334	25602	71532		

Рис. 9.2. Расчет оборота за квартал по номенклатуре товаров

3. Провести сортировку товаров по параметру «Оборот за квартал»: Excel → Данные → Сортировка. Отсортировать необходимо от максимальной суммы оборота к минимальной, т. к. в группу А попадает продукция с максимальным показателем анализируемого признака (рис. 9.3).

	A	B	C	D	E
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.
1					
2	Каши	21596	24334	25602	71532
3	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451
4	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020
5	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695
6	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402
7	Сахар	2904	3342	4230	10476
8	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410
9	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215
10	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112
11	Макароны	2178	3425	4402	10005

Рис. 9.3. Сортировка по убыванию показателей анализируемого признака

4. Рассчитать долю оборота по каждому товару. Например, расчет доли оборота товара «Каши» в общем объеме оборота организации для

ячейки F2 будет иметь вид =E2/СУММ(\$E\$2:\$E\$11). Доля составит 25,61%. Аналогичным образом рассчитываются доли оборотов остальной номенклатуры товаров. Результат расчета представлен на рис. 9.4.

	A	B	C	D	E	F	G
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.	Доля в общем объеме оборота	
1							=E2/СУММ(\$E\$2:\$E\$11)
2	Каши	21596	24334	25602	71532	25,61%	
3	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451	22,00%	
4	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020	15,76%	
5	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695	13,85%	
6	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402	4,44%	
7	Сахар	2904	3342	4230	10476	3,75%	
8	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410	3,73%	
9	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215	3,66%	
10	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112	3,62%	
11	Макароны	2178	3425	4402	10005	3,58%	

Рис. 9.4. Определение доли продукции в объеме предприятия

5. Рассчитать долю прибыли с накопительным итогом:

- для первого наименования товара в ячейке G2 следует записать формулу =F2;
- для второй группы наименований товаров в ячейке G3 формула примет вид =F3+G2;
- для последующих наименований товаров скопируем формулу из ячейки G3 в диапазон ячеек G4:G11.

Результат расчета представлен на рис. 9.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.	Доля в общем объеме оборота	Доля оборота с накопительным итогом	
1								
2	Каши	21596	24334	25602	71532	25,61%	25,61%	=F2
3	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451	22,00%	47,61%	=F3+G2
4	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020	15,76%	63,37%	
5	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695	13,85%	77,22%	
6	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402	4,44%	81,66%	
7	Сахар	2904	3342	4230	10476	3,75%	85,41%	
8	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410	3,73%	89,14%	
9	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215	3,66%	92,80%	
10	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112	3,62%	96,42%	
11	Макароны	2178	3425	4402	10005	3,58%	100,00%	

Рис. 9.5. Оценка доли оборота с накопительным итогом для товарных позиций

6. Так как в группу *A* входит 15–25 % товаров с наибольшей величиной, в нашем случае наблюдается прибыль. При этом суммарная их доля не должна превышать 80 %. Аналогичные действия выполняем для групп *B* и *C*.

Используя функцию ЕСЛИ, определим границу до 80 % для группы товаров *A* и границу до 95 % для групп товаров *B*, а остальное войдет в группу *C*. Таким образом, функция для определения принадлежности первого товара (ячейка E2) к группе *A*, *B* или *C* будет следующей: =ЕСЛИ(G2<=80%;"A";ЕСЛИ(G2<=95%;"B";ЕСЛИ(G2<=100%;"C"))).

Аналогичным образом определяется принадлежность к группам других представленных товаров. Результаты расчета приведены на рис. 9.6.

	A	F	G	H
	Наименование	Доля в общем объеме оборота	Доля оборота с накопительным итогом	Группа ABC-анализа
1				
2	Каши	25,61%	25,61%	A
3	Крупа и хлопья	22,00%	47,61%	A
4	Крупа и хлопья овсяные	15,76%	63,37%	A
5	Крупа перловая	13,85%	77,22%	A
6	Мука овсяная	4,44%	81,66%	B
7	Сахар	3,75%	85,41%	B
8	Мука ржаная обдирная	3,73%	89,14%	B
9	Крупа ячневая	3,66%	92,80%	B
10	Мука ржаная сеяная	3,62%	96,42%	C
11	Макаронны	3,58%	100,00%	C
12			=ЕСЛИ(G2<=80%;"A";	
13			ЕСЛИ(G2<=95%;"B";	
14			ЕСЛИ(G2<=100%;"C"))	
15				

Рис. 9.6 ABC-анализ прибыли от реализации товаров

7. Отобразить результаты вычислений в графическом виде по столбцу *G* (рис. 9.7).

8. Для проведения XYZ-анализа необходимо иметь данные не только в среднем за период (квартал, год), но и за более короткий промежуток (месяц, квартал). В условии задачи даны значения

показателей по месяцам, а также произведен расчет показателя в целом за квартал. Поэтому следует рассчитать коэффициент вариации по каждой товарной позиции.

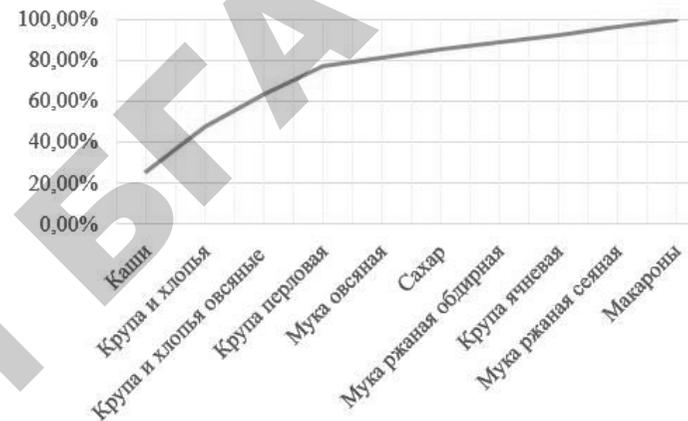


Рис. 9.7. Кривая ABC-анализа

Например, коэффициент вариации по товарной позиции «Каши» будет рассчитан как =СТАНДОТКЛОН.Г(B2:D2)/СРЗНАЧ(B2:D2) и составит 7,01 % (формат ячейки – процентный). Аналогичным образом рассчитываются значения для всех остальных товарных позиций. Результат расчета представлен на рис. 9.8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.	Доля в общем объеме оборота	Доля оборота с накопительным итогом	Группа ABC-анализа	Коэффициент вариации
1									
2	Каши	21596	24334	25602	71532	25,61%	25,61%	A	7,01%
3	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451	22,00%	47,61%	A	6,77%
4	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020	15,76%	63,37%	A	6,33%
5	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695	13,85%	77,22%	A	10,55%
6	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402	4,44%	81,66%	B	15,05%
7	Сахар	2904	3342	4230	10476	3,75%	85,41%	B	15,80%
8	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410	3,73%	89,14%	B	46,77%
9	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215	3,66%	92,80%	B	12,02%
10	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112	3,62%	96,42%	C	43,40%
11	Макаронны	2178	3425	4402	10005	3,58%	100,00%	C	27,29%
12									
13									
14									=СТАНДОТКЛОН.Г(B2:D2)/СРЗНАЧ(B2:D2)

Рис. 9.8. Коэффициент вариации по каждой товарной позиции

9. Классифицировать значения, определив товарные позиции, относящиеся к группе X, Y или Z (рис. 9.9). Для этого используется функция ЕСЛИ.

Например, коэффициент вариации по товарной позиции «Каши» показывает, что данная позиция относится к группе X, т. к. коэффициент вариации меньше 10%. Данный расчет представлен в виде функции =ЕСЛИ(I2<=10%;"X";ЕСЛИ(I2<=25%;"Y";"Z")).

Аналогичным образом группируются все остальные товарные позиции. Результат расчета представлен на рис. 9.9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Наименование	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Оборот, квартал, руб.	Доля в общем объеме оборота	Доля оборота с накопительным итогом	Группа ABC-анализа	Коэффициент вариации	Группа XYZ-анализа
1										
2	Каши	21596	24334	25602	71532	25,61%	25,61%	A	7,01%	X
3	Крупа и хлопья	19250	19780	22421	61451	22,00%	47,61%	A	6,77%	X
4	Крупа и хлопья овсяные	13840	14210	15970	44020	15,76%	63,37%	A	6,33%	X
5	Крупа перловая	11000	13575	14120	38695	13,85%	77,22%	A	10,55%	Y
6	Мука овсяная	3383	4112	4907	12402	4,44%	81,66%	B	15,05%	Y
7	Сахар	2904	3342	4230	10476	3,75%	85,41%	B	15,80%	Y
8	Мука ржаная обдирная	1904	2800	5706	10410	3,73%	89,14%	B	46,77%	Z
9	Крупа ячневая	2844	3562	3809	10215	3,66%	92,80%	B	12,02%	Y
10	Мука ржаная сеяная	2188	2492	5432	10112	3,62%	96,42%	C	43,40%	Z
11	Макароны	2178	3425	4402	10005	3,58%	100,00%	C	27,29%	Z
12										
13										
14									=ЕСЛИ(I2<=10%;"X";	
									ЕСЛИ(I2<=25%;"Y";"Z"))	

Рис. 9.9. Результаты проведения XYZ-анализа

10. Построить кривую XYZ-анализа на основе коэффициента вариации спроса (рис. 9.10).

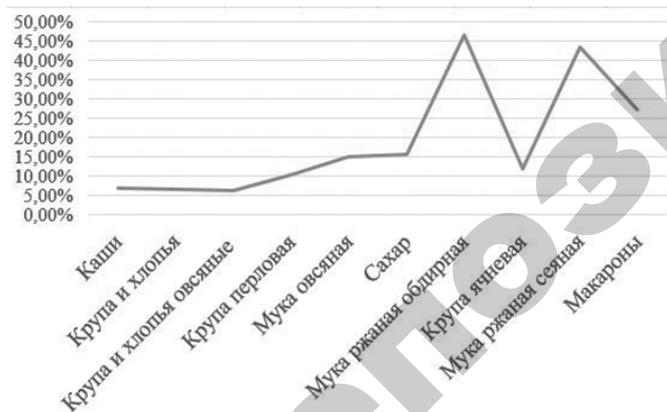


Рис. 9.10. Кривая XYZ-анализа

11. Совместить полученные результаты ABC-XYZ-анализа по каждой товарной позиции при помощи функции СЦЕПИТЬ. Например, для ячейки K2 формула ввода будет вида =СЦЕПИТЬ(H2:J2) (рис. 9.11).

	A	G	H	I	J	K	L	M	N
	Наименование	Доля оборота с накопительным итогом	Группа ABC-анализа	Коэффициент вариации	Группа XYZ-анализа	Группа ABC-XYZ-анализа			
1									
2	Каши	25,61%	A	7,01%	X	AX			
3	Крупа и хлопья	47,61%	A	6,77%	X	AX			
4	Крупа и хлопья овсяные	63,37%	A	6,33%	X	AX			
5	Крупа перловая	77,22%	A	10,55%	Y	AY			
6	Мука овсяная	81,66%	B	15,05%	Y	BY			
7	Сахар	85,41%	B	15,80%	Y	BY			
8	Мука ржаная обдирная	89,14%	B	46,77%	Z	BZ			
9	Крупа ячневая	92,80%	B	12,02%	Y	BY			
10	Мука ржаная сеяная	96,42%	C	43,40%	Z	CZ			
11	Макароны	100,00%	C	27,29%	Z	CZ			

Рис. 9.11. Результаты расчетов ABC-XYZ-анализа

12. Сделать вывод по каждой получившейся группе и предположить для каждой из них вероятность прогнозирования стоимости запасов и точность прогнозирования потребности в них.

Таким образом, группы AX, AY и AZ (в нашем случае товары «Каши», «Крупа и хлопья», «Крупа и хлопья овсяные», «Крупа перловая») являются наиболее важными и требуют наибольшего внимания, для них необходимо тщательное планирование потребности, нормирование расхода, тщательный (ежедневный) учет и контроль, постоянный анализ отклонений от запланированных показателей. Причем для категории AX следует рассчитывать оптимальный размер закупок и использовать технологию «точно в срок» (justintime). А для категории AZ эффективнее использовать систему снабжения по запросам с обязательным расчетом величины страхового запаса.

Для ресурсов категории CX, CY, CZ применяются укрупненные методы планирования.

Задание для управляемой самостоятельной работы

Магазин занимается розничной продажей товаров. Ежедневно происходит обновление и доставка товаров. Необходимо дать рекомендации по управлению запасами для имеющихся товарных

позиций магазина. Статистика по продажам различной продукции за равные периоды времени по вариантам представлена в табл. 9.2.

Таблица 9.2

Номенклатура товарных групп продукции для проведения ABC-XYZ-анализа

Вариант 1				Вариант 2			
Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1	2	3	4	1	2	3	4
1	288117	297689	315800	1	286847	320469	310277
2	31148	29849	30173	2	30691	28222	28566
3	32353	28121	31600	3	27967	29467	32150
4	72344	69961	68646	4	7915	5903	7537
5	16070	24855	16203	5	109338	111853	113375
6	106949	109474	107155	6	108110	126416	115128
7	15667	13402	11790	7	10638	10612	17908
8	18616	12508	18544	8	19562	23442	25528
9	7813	5883	8306	9	28395	22363	27893
10	317353	317863	305269	10	314803	305262	317663
11	119320	115272	111133	11	113134	117417	115258
12	52981	60594	53704	12	55823	60813	56056
13	21234	25705	18740	13	15089	25250	27646
14	25137	28061	13169	14	23426	13112	18944
15	113748	105057	113255	15	322262	307045	322636
16	40376	43824	42569	16	42072	40682	44376
17	13811	22511	13362	17	15335	25781	22702
18	17370	11093	16899	18	17373	10091	11058
19	114819	121153	114055	19	128387	106525	120092
20	56254	58783	51937	20	60874	53185	57845
Вариант 3				Вариант 4			
Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1	283010	287944	280811	1	284987	304197	323071
2	27876	29012	30746	2	30234	32147	30314
3	30190	30526	31984	3	29818	31240	31944
4	71958	73112	71921	4	7379	5736	7626

Продолжение таблицы 9.2

1	2	3	4	1	2	3	4
5	6988	5667	7267	5	105118	115650	127473
6	110814	113877	128313	6	121963	126179	114015
7	13742	12161	15936	7	11902	13375	15101
8	19488	28052	23072	8	26188	14414	23715
9	6726	6450	7655	9	25533	21692	22651
10	322261	309668	309506	10	8298	5922	6784
11	120068	126410	106124	11	113168	111487	124104
12	6115	6500	6197	12	60653	53772	60712
13	14553	16212	14674	13	18786	13549	25972
14	21937	16368	25632	14	14548	26942	13608
15	120475	127887	105089	15	323481	308390	310737
16	42393	42609	41795	16	6379	6555	6860
17	20105	27013	22939	17	22229	19400	15144
18	16144	13089	14229	18	13829	13414	12971
19	106505	118002	125112	19	115712	122985	105924
20	59104	58122	55810	20	60496	52743	61391
Вариант 5				Вариант 6			
Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1	290814	293495	299720	1	308214	313598	316991
2	122412	108873	124929	2	30642	28972	30483
3	31040	32386	31454	3	27739	29163	27798
4	71129	71192	71472	4	8303	5539	5998
5	7394	7938	6666	5	284185	284450	275920
6	126244	126652	105417	6	106558	109985	128068
7	15667	15907	17864	7	11551	11781	18174
8	25649	24832	24593	8	23701	13017	20683
9	5812	7246	7830	9	27742	20638	26926
10	311311	318908	311540	10	8198	6713	5881
11	123916	121955	115072	11	111917	126776	113454
12	112186	106246	123859	12	61156	52767	56294
13	16189	26735	15002	13	15058	16383	26682
14	25150	27352	18100	14	26283	24186	27662
15	114136	112330	116642	15	321797	320129	311290

Продолжение таблицы 9.2

1	2	3	4	1	2	3	4
16	41947	40695	44183	16	295242	320997	289213
17	23866	25657	14877	17	21836	18577	18005
18	13547	14538	11858	18	17988	18333	16109
19	120103	114063	111355	19	116932	121932	125114
20	114033	121652	109135	20	59627	58077	52659
Вариант 7				Вариант 8			
Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1	322999	302195	320305	1	310069	302740	278142
2	108422	106325	110927	2	31206	29566	31198
3	27734	32305	29664	3	8006	5596	5750
4	71495	74135	69973	4	6686	5789	7185
5	8038	8322	5545	5	317879	298799	317596
6	122620	126648	119627	6	107111	123865	116255
7	10815	13241	10776	7	15628	9714	13084
8	27531	23841	24003	8	20363	22404	25456
9	6311	7277	7107	9	24311	15989	20996
10	313690	314992	317987	10	7305	6857	6567
11	123813	113146	110250	11	125920	126408	108544
12	125839	120000	126460	12	51976	59449	56080
13	25331	23730	12936	13	122250	118154	114597
14	19145	23279	18379	14	15890	20269	26537
15	119504	106171	123498	15	312734	312522	319126
16	39824	39980	43818	16	312701	286474	296252
17	290424	313830	303336	17	18981	19832	19325
18	5577	6033	5524	18	10135	14895	14720
19	121085	125264	122686	19	120008	106807	127196
20	7092	6963	5656	20	6961	6000	6775
Вариант 9				Вариант 10			
Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.	Номер группы	Оборот, июнь, руб.	Оборот, июль, руб.	Оборот, август, руб.
1	293982	287119	294761	1	317017	296789	298921
2	112644	113609	111523	2	31170	31748	31356
3	30891	31547	29860	3	6933	6757	8196

Окончание таблицы 9.2

1	2	3	4	1	2	3	4
4	5982	6325	5837	4	7322	6821	6291
5	6360	6832	8084	5	278319	294646	307969
6	127499	121839	119495	6	321120	297896	290958
7	11913	18024	16197	7	16564	10849	16842
8	13757	21854	20847	8	26284	19763	17016
9	7163	8177	5926	9	15485	12677	19897
10	314445	311758	319434	10	5818	7305	7322
11	107945	119625	112485	11	106494	124482	107353
12	124643	124041	106768	12	59989	53667	57564
13	25132	16639	28064	13	115492	107053	116137
14	7515	7126	7625	14	13403	20371	24517
15	117789	108160	107405	15	312025	309192	319177
16	41087	39868	44054	16	313544	296312	316427
17	276315	279210	293940	17	24497	14527	23236
18	8309	7147	5874	18	10398	13175	14351
19	128353	121451	107525	19	107572	113617	124832
20	7337	6714	5706	20	8131	6339	8225

Контрольные вопросы

1. Какую характеристику спроса оценивает ABC-анализ?
2. Какую характеристику спроса оценивает XYZ-анализ?
3. Что можно сказать о прогнозируемости спроса на товар, если коэффициент вариации спроса для него за анализируемый период равен нулю?
4. Как можно охарактеризовать товары группы AX?
5. Как можно охарактеризовать товары группы CZ?

Практическая работа № 10

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА РАСПОЛОЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА

Цель работы: определить места расположения распределительного центра различными методами.

Теоретические сведения

При выборе места расположения склада наибольшее внимание уделяется транспортным расходам, связанным с доставкой грузов на склад и со склада потребителям. Чем ниже эти совокупные затраты, тем выше прибыль предприятия, а следовательно, эффективнее выбранный вариант. Затраты, связанные со строительством и дальнейшей эксплуатацией складского сооружения, в данном случае не учитываются. Условно считается, что они в большей степени зависят от особенностей конструкции склада и его технической оснащённости, чем от места расположения.

Для выбора места используется *метод наложения сетки координат на карту потенциальных мест расположения складов*. Система сетки дает возможность оценить стоимость доставки от каждого поставщика на предполагаемый склад и со склада конечному потребителю, а выбор останавливается на варианте, который определяется как центр массы, или центр равновесной системы транспортных затрат.

На практике применяется *аналитический метод* определения центра тяжести физической модели системы распределения, который состоит в следующем. Зная координаты X_i , Y_i и потребности Γ_i соответствующих потребителей зоны обслуживания, определяют абсциссу X_c и ординату Y_c распределительного центра (склада) по следующим зависимостям:

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma_i Y_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma_{ii}}; X_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma_i X_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma_{ii}}, \quad (34)$$

где n – количество потребителей в зоне обслуживания.

Следует отметить, что данные формулы могут использоваться в случае, когда транспортные тарифы по доставке товара соответствующим потребителям равны между собой. В противном случае зависимости по определению координат распределительного склада имеют следующий вид:

$$Y_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma_i Y_i T_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma_{ii}}; X_c = \frac{\sum_{i=1}^n \Gamma_i X_i T_i}{\sum_{i=1}^n \Gamma_{ii}}, \quad (35)$$

где T_i – транспортный тариф по доставке товара i -му потребителю.

Кроме этого, продвигая свой товар на рынок сбыта, каждый распределительный склад должен определить границы рынка, где он будет иметь преимущества. Если предположить, что качество товара разных распределительных складов одинаково, то границы рынка будут напрямую зависеть от издержек на хранение единицы запасов, а также транспортных тарифов по доставке единицы запасов потребителям:

$$C = C_{xp} + C_{tp} R, \quad (36)$$

где C_{xp} – издержки на хранение единицы запасов, руб.;

C_{tp} – транспортный тариф на перевозку груза, руб./км;

R – расстояние от распределительного склада до потребителя товара, км.

Задача 1. Известно, что каждый из 10 потребителей (П1–П10) имеет координаты X и Y . Также известны потребности потребителей при одинаковых тарифах на перевозку (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Исходные данные

Потребитель	Координаты потребителя		Потребности потребителя Γ_i , т/мес.
	X_i , км	Y_i , км	
П1	31	45	180
П2	153	146	100
П3	88	139	200
П4	26	98	290
П5	100	162	190

Потребитель	Координаты потребителя		Потребности потребителя Γ_i , т/мес.
	X_i , км	Y_i , км	
П6	141	58	270
П7	143	73	210
П8	85	169	220
П9	79	27	180
П10	120	132	390

Определить место для строительства распределительного центра (склада) методом определения центра тяжести. Сделать графическую карту расположения потребителей и склада.

Методические рекомендации

1. Внести исходные данные в таблицу Excel согласно табл. 10.1.

2. Рассчитать координаты X и Y для определения места для строительства склада, используя формулу (34), с учетом тарифов на перевозку и потребностей потребителей. Так как все координаты заданы целочисленным значением, то при расчете координат X и Y используется округление. Например, выражение для расчета координаты X примет вид $=\text{ОКРУГЛ}(\text{СУММПРОИЗВ}(D3:D12; V3:V12)/\text{СУММ}(D3:D12);0)$, а для расчета координаты Y – $=\text{ОКРУГЛ}(\text{СУММПРОИЗВ}(D3:D12; C3:C12)/\text{СУММ}(D3:D12);0)$.

Соответствующие выражения заносятся в ячейки B13 и C13.

Результаты расчета представлены на рис. 10.1.

Потребитель	Координаты потребителя		Потребности потребителя Γ_i , т/мес.
	X_i , км	Y_i , км	
П1	31	45	180
П2	153	146	100
П3	88	139	200
П4	26	98	290
П5	100	162	190
П6	141	58	270
П7	143	73	210
П8	85	169	220
П9	79	27	180
П10	120	132	390
Склад	95	105	

Рис. 10.1. Расчет значений точек места расположения склада

3. Разместить на графической карте расположение потребителей и склада. Для этого построить точечный график с координатами (рис. 10.2):

– значений X : ='Лист1'!\$B\$3:\$B\$13;

– значений Y : ='Лист1'!\$C\$3:\$C\$13.

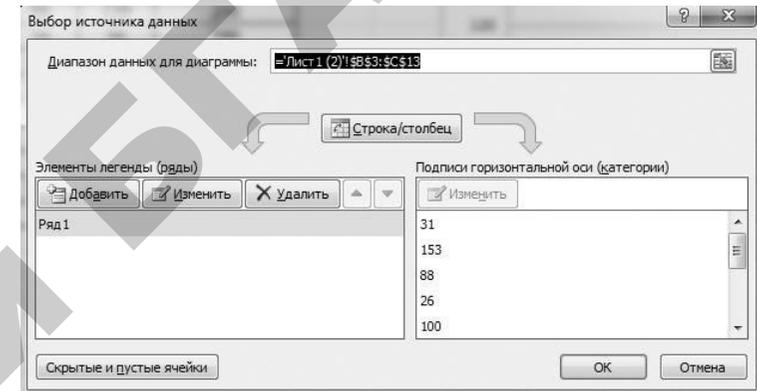


Рис. 10.2. Выбор данных для места расположения потребителей и склада

Представленные на графической карте места расположения потребителей и склада по координатам X и Y пометить соответствующими координатами (рис. 10.3).

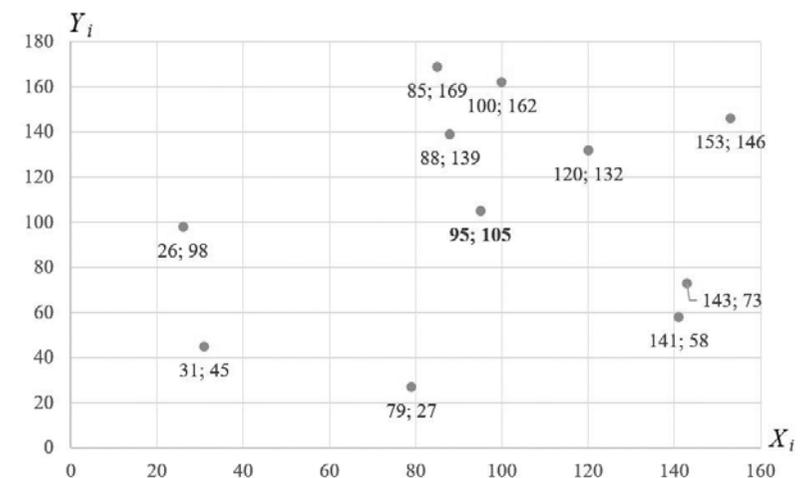


Рис. 10.3. Места расположения складов

Задача 2. Определить оптимальные радиусы обслуживания товарных баз, находящихся на расстоянии 300 км друг от друга. Затраты, связанные с функционированием товарной базы *A*, составляют 5 ден. ед. на товарную единицу, товарной базы *B* – 6 ден. ед. Цена доставки товара на товарную базу *A* равна 0,6 ден. ед./км, на товарную базу *B* – 0,4 ден. ед./км.

Методические рекомендации

Исходные данные для решения поставленной задачи: $L = 300$ км; $C_{xp1} = 5$ ден. ед.; $C_{tp1} = 0,6$ ден. ед./км; $C_{xp2} = 6$ ден. ед.; $C_{tp2} = 0,4$ ден. ед./км. Графически исходные данные по расстояниям между *A* и *B* можно отразить таким образом, как показано на рис. 10.4. Требуется определить расстояния R_1 и R_2 .

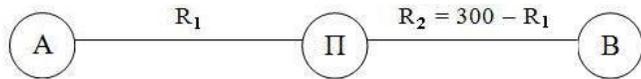


Рис. 10.4. Графические исходные данные по расстояниям между *A* и *B* и по искомым радиусам обслуживания

Известно, что $C_{xp1} + C_{tp1}R_1 = C_{xp2} + C_{tp2}R_2$, а $R_1 + R_2 = L$. Тогда R_1 будет найдено следующим образом: $R_1 = (C_{xp2} + C_{tp2}L - C_{xp1}) / (C_{xp1} + C_{tp2} + C_{xp2}) = (6 + 0,4 \cdot 300 - 5) / (0,6 + 0,4) = 121$ км, а $R_2 = 300 - 121 = 179$.

Решение данной задачи в Excel будет достаточно простым (рис. 10.5). При этом расстояние от базы *A* до точки П составит 121 км (расчет в ячейке В7: $= (C4+C5*B1-B4)/(B5+C5)$) и от базы *B* до точки П (расчет в ячейке С7: $= B1-B7$). Таким образом, оптимальный радиус обслуживания составит у базы *A* – 121 км, у базы *B* – 179 км.

	A	B	C	D	E
1	Расстояние между A и B		300		
2					
3		A	B		
4	Затраты, связанные с функционированием товарной базы		5	6	
5	Цена доставки товара для товарной базы		0,6	0,4	
6					
7	Радиус		121	179	$=B1-B7$
8					
9					$=(C4+C5*B1-B4)/(B5+C5)$

Рис. 10.5. Решение поставленной задачи средствами Excel

Задания для самостоятельной работы

Задача 1. Известно, что каждый из 10 потребителей (П1–П10) имеет координаты *X* и *Y*. Также известны потребности потребителей и их тарифы на перевозку (табл. 10.3 и 10.4).

Определить место для строительства распределительного центра (склада) методом определения центра тяжести. Сделать графическую карту расположения потребителей и склада.

Таблица 10.3

Исходные данные для вариантов 1–5

Потребитель	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3		Вариант 4		Вариант 5		Потребности потребителя Γ_i , т/мес.
	X_i , км	Y_i , км									
П1	117	140	147	103	106	20	80	175	66	161	160
П2	142	44	126	66	127	123	127	21	169	74	220
П3	39	178	64	149	135	124	162	31	128	80	150
П4	90	125	61	24	118	44	65	60	115	115	210
П5	21	141	132	142	40	33	113	136	69	80	300
П6	138	69	90	106	65	179	156	37	20	158	320
П7	73	62	35	129	99	128	33	70	144	121	160
П8	40	137	39	84	41	50	89	149	67	139	140
П9	92	122	176	33	57	86	124	137	90	34	260
П10	56	112	42	129	27	163	21	71	155	112	220

Таблица 10.4

Исходные данные для вариантов 6–10

Потребитель	Вариант 6		Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9		Вариант 10		Потребности потребителя Γ_i , т/мес.
	X_i , км	Y_i , км									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П1	117	140	147	103	106	20	80	175	66	161	160
П2	142	44	126	66	127	123	127	21	169	74	220
П3	39	178	64	149	135	124	162	31	128	80	150
П4	90	125	61	24	118	44	65	60	115	115	210

Окончание таблицы 10.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
П5	21	141	132	142	40	33	113	136	69	80	300
П6	138	69	90	106	65	179	156	37	20	158	320
П7	73	62	35	129	99	128	33	70	144	121	160
П8	40	137	39	84	41	50	89	149	67	139	140
П9	92	122	176	33	57	86	124	137	90	34	260
П10	56	112	42	129	27	163	21	71	155	112	220

Задача 2. Определить оптимальные радиусы обслуживания товарных баз, находящихся на определенном расстоянии друг от друга согласно табл. 10.2, где также указаны соответствующие суммы затрат и цены на доставку товаров.

Таблица 10.2

Исходные данные для вариантов 1–10

Вариант	Расстояние между A и B, км	Затраты, связанные с функционированием товарной базы, ден. ед.		Цена доставки товара на товарную базу, ден. ед./км	
		A	B	A	B
1	860	9	4	0,5	0,4
2	720	9	7	0,5	0,4
3	540	6	4	0,9	0,4
4	530	5	7	0,7	0,5
5	760	5	5	0,7	0,6
6	770	5	8	0,4	0,5
7	530	4	9	0,4	0,8
8	830	7	8	0,5	0,9
9	780	5	6	0,7	0,6
10	710	7	5	0,4	0,7

Контрольные вопросы

1. Как используется метод наложения сетки координат на карту потенциальных мест расположения складов?
2. Как рассчитать суммарные затраты на транспортировку перевозимой партии грузов?
3. Как найти координаты оптимального места расположения?
4. Как изменится выбор оптимального места расположения распределительного склада, если изменится тариф на перевозку?
5. Как определить продажную цену товара?

Практическая работа № 11

РАСЧЕТ ПОЛЕЗНОЙ ПЛОЩАДИ СКЛАДА

Цель работы: рассчитать площадь склада, необходимую для работы при регулярном поступлении и выдаче груза.

Теоретические сведения

Одна из быстроразвивающихся ветвей прикладной теории вероятностей – теория массового обслуживания, или, как ее иногда называют, теория очередей. В общем случае систему массового обслуживания (СМО) рассматривают как некоторую структуру, включающую в себя входящий поток требований на обслуживание, очередь требований, ожидающих обслуживания, соответствующие приборы и выходящий поток требований. Разумеется, можно так увеличить пропускную способность любой системы обслуживания, что очереди если не исчезнут, то станут практически незаметны, но стоимость создания и эксплуатации такой системы существенно возрастет. Следовательно, необходимо уметь находить разумный компромисс между затратами на обеспечение услуг и потерями из-за задержек в их предоставлении, как показано на рис. 11.1.

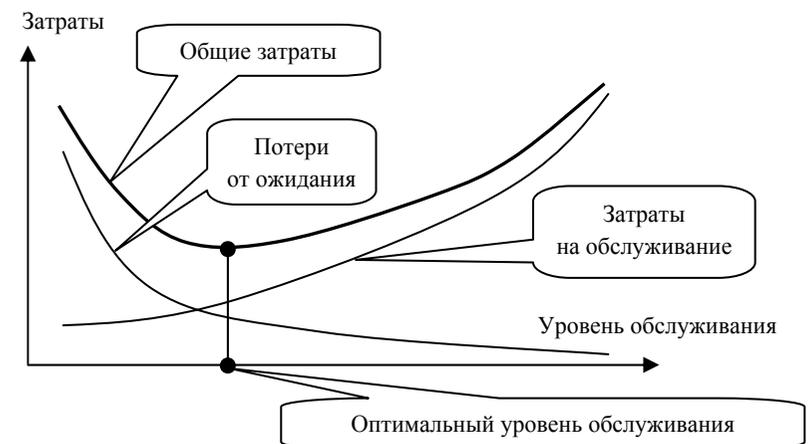


Рис. 11.1. Принципиальная схема системы массового обслуживания

Такой расчет требует построения стоимостной модели, что на практике ограничивается трудностями расчета величины потерь от ожидания обслуживания, которые особенно сложно определить, если услуги предоставляются индивидууму, чьи интересы обычно не совпадают с интересами системы обслуживания. Поэтому целесообразно рассмотреть лишь прямые задачи оптимизации систем массового обслуживания, когда рассчитываются основные показатели функционирования системы.

Основополагающее значение в теории массового обслуживания имеет понятие потока требований. Наиболее полно разработан математический аппарат для описания простейшего потока заявок, обладающего следующими свойствами:

– **стационарность** – вероятность появления того или иного числа заявок на отрезке времени t , зависящая только от длины этого отрезка и не зависящая от того, где именно располагается этот участок на оси времени;

– **ординарность** – появление в каждый момент времени только одной заявки;

– **отсутствие последствий** – все заявки приходят в систему независимо друг от друга; такой поток называют «пуассоновским», т. к. количество заявок m , приходящееся на отрезок времени t , распределено по закону Пуассона, а время обслуживания – по показательному закону $P(\tau < t)$:

$$P_{m(t)} = \frac{(\lambda t)^m}{m!} e^{-\lambda}; \quad (37)$$

$$P(\tau < t) = 1 - e^{-\lambda}, \quad (38)$$

где λ – плотность потока заявок.

Состояние системы обслуживания с отказами описывается формулой Эрланга

$$P_k = \frac{\frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}{1 + \frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + \dots + \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}, \quad (39)$$

где P_k – вероятности состояния системы $0 < n < k$ (P_0 – вероятность того, что все аппараты обслуживания свободны; P_1 – занят один аппарат; P_2 – занято два аппарата; P_n – занято n аппаратов; P_k – заняты все k аппаратов обслуживания или вероятность отказа в обслуживании);

k – интенсивность потока заявок, т. е. число заявок в единицу времени;

μ – интенсивность обслуживания (величина, обратная среднему времени обслуживания одной заявки).

Задачи теории массового обслуживания надо начинать решать с определения физического содержания заявки как таковой, аппарата и системы обслуживания. Затем исследуется характер потока заявок и лишь в конце подбираются или выводятся соответствующие зависимости или формулы.

Задача. Под заявкой понимается партия груза, поступающая на склад. Обслуживание заключается в хранении груза на складе. Аппарат обслуживания – складская ячейка, площадь ячейки – 455 м², поток заявок простейший. Найти оптимальную площадь склада.

Грузооборот склада за год $Q = 150$ тыс. т.

Период поступления материалов $T = 365$ сут.

Средняя масса одной партии $d = 455$ т.

Средний срок хранения $t_{xp} = 10$ сут.

Допустимая нагрузка на 1 м² площади склада $q = 1$ т.

Стоимость содержания 1 м² склада $S_1 = 10$ ден. ед.

Суточные потери от отказа в приеме груза $S_2 = 500$ ден. ед.

Методические рекомендации

1. Для решения задачи необходимо задать исходные данные (рис. 11.2).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Q	T	d	t_{xp}	q	S_1	S_2
2	150000	365	455	10	1	10	500

Рис. 11.2. Исходные данные

2. Необходимо определить интенсивность (плотность) потока заявок (партий) в сутки по формуле

$$\lambda = \frac{Q}{dT}. \quad (40)$$

Интенсивность потока заявок составляет $150\,000 / (455 \cdot 365) = 0,9$. Данный показатель рассчитан в ячейке В4 при помощи выражения $=A2/(C2*B2)$.

3. Необходимо вычислить интенсивность обслуживания по формуле

$$\mu = \frac{1}{t_{xp}}. \quad (41)$$

Интенсивность обслуживания составляет $1 / 10 = 0,1$. Данный показатель рассчитан в ячейке В5 при помощи выражения $=1/D2$.

4. Необходимо рассчитать площадь склада, необходимую для работы при регулярном поступлении и выдаче груза.

Число оборотов за год определяется по формуле

$$o = \frac{365}{t_{xp}}. \quad (42)$$

Число оборотов за год составляет $365 / 10 = 36,5$. Данный показатель рассчитан в ячейке В6 при помощи выражения $=365/D2$.

Если бы работа склада и движение через него материальных ресурсов были регулярными (детерминированными), то полезная площадь склада (m^2) составила бы:

$$F = \frac{Q}{qo}. \quad (43)$$

Полезная площадь склада составляет $150\,000 / (1 \cdot 36,5) = 4110$. Данный показатель рассчитан в ячейке В7 при помощи выражения $=A2/(E2*B6)$.

Результаты расчетов по п. 2–4 представлены на рис. 11.3.

	A	B	C	D
3				
4	λ	0,90	$=A2/(C2*B2)$	
5	μ	0,1	$=1/D2$	
6	o	36,5	$=365/D2$	
7	F	4110	$=A2/(E2*B6)$	

Рис. 11.3. Расчетные данные

При площади ячейки $455 m^2$ для работы склада в детерминированном режиме достаточно 9 ячеек ($4110 / 455 = 9$). Однако на практике материальные ресурсы поступают на склад стихийно, поэтому необходимо иметь резерв складской площади.

5. По формуле Эрланга (39) требуется рассчитать вероятность отказа в приеме груза на склад при различном числе ячеек. Примем возможное число ячеек от 10 до 14.

Для дальнейших расчетов необходимо воспользоваться промежуточными вычислениями.

Определяется $\frac{\lambda}{\mu}$, полученный результат записывается в ячейку В8.

Затем необходимо найти значения $\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k$ при k от 1 до 14.

Например, для $k = 1$ расчетное значение составляет $9^1 = 9$. Данный показатель определен в ячейке В11 при помощи выражения $=B8^B10$. Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 2 до 14. Результат расчета представлен на рис. 11.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
8	$\frac{\lambda}{\mu}$	9								
9										
10	k	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	$\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k$	9	82	737	6655	60108	542903	4903532	44289011	400021175

Рис. 11.4. Промежуточные расчеты

6. Далее необходимо найти $\frac{1}{k!}$ при k от 1 до 14.

Например, для $k = 1$ расчетное значение составляет $\frac{1}{1!} = 1$. Данный показатель определен в ячейке В12 при помощи выражения $=1/(ФАКТР(B10))$. Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 2 до 14.

7. Необходимо найти значение $\frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k$ при k от 1 до 14.

Например, для $k = 1$ расчетное значение составляет $\frac{1}{1!} \left(\frac{0,9}{0,1}\right)^1 = 9$.

Данный показатель определен в ячейке B13 при помощи выражения = B11*B12. Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 2 до 14.

8. Рассчитать результат системы обслуживания с отказами по формуле (39) при k от 9 до 14.

Например:

– для $k = 10$ расчетное значение составляет 0,1695. Данный показатель определен в ячейке K14 при помощи выражения =K13/(1+\$B\$11+СУММ(\$C\$13:K13));

– для $k = 11$ расчетное значение составляет 0,1222. Данный показатель определен в ячейке L14 при помощи выражения =L13/(1+\$B\$11+СУММ(\$C\$13:L13)).

Результаты расчетов показаны на рис. 11.5.

	J	K	L	M	N	O
14	P	0,1695	0,1222	0,0842	0,0553	0,0344
15		=K13/(1+\$B\$11+СУММ(\$C\$13:K13))				

Рис. 11.5. Результаты расчета по формуле Эрланга

9. С увеличением складской площади вероятность отказа в приеме груза будет уменьшаться. Однако увеличение складской площади требует дополнительных затрат. Поэтому обоснованный вывод об оптимальном размере складской площади можно сделать на основании сопоставления расходов на содержание склада и потерь, вызванных отказом в приеме груза. Для дальнейшего анализа рассчитываются следующие показатели:

9.1. Полезная площадь склада F с учетом дополнительных ячеек, м². Например:

– при $k = 10$ расчетное значение составляет $455 \cdot 10 = 4550$. Данный показатель рассчитан в ячейке B16 при помощи выражения =C\$2*K10;

– при $k = 11$ расчетное значение составляет $455 \cdot 11 = 5005$. Данный показатель рассчитан в ячейке B17 при помощи выражения =C\$2*L10.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

9.2. Резервные площади F_q , м². Например:

– при $k = 10$ резервные площади составляют 455. Данный показатель рассчитан в ячейке C17 в виде выражения =C2;

– при $k = 11$ резервные площади составляют $455 + 455 = 910$ м². Данный показатель рассчитан в ячейке C17 в виде выражения =C16+C\$2.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

9.3. Издержки на содержание резервных площадей. Рассчитываются по формуле $F_q S_1$ по числу ячеек при k от 10 до 14. Например:

– при $k = 10$ расчетное значение издержек на содержание резервных площадей составляет $455 \cdot 10 = 4550$. Данный показатель рассчитан в ячейке D16 в виде выражения =C16*\$F\$2;

– при $k = 11$ расчетное значение издержек на содержание резервных площадей составляет $910 \cdot 10 = 9100$. Данный показатель рассчитан в ячейке D17 в виде выражения =C17*\$F\$2.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

9.4. Вероятности отказа в приеме груза P_k рассчитаны ранее. На данном этапе необходимо внести их в конечную таблицу в ячейки E16–E20.

9.5. Продолжительность отказа, которая определяется как $P_k \cdot 365$ для каждой ячейки резервных площадей. Например:

– при $k = 10$ расчетное значение продолжительности отказа составляет $0,1695 \cdot 365 = 61,86$. Данный показатель рассчитан в ячейке F16 в виде выражения =E16*365;

– при $k = 11$ расчетное значение продолжительности отказа составляет $0,1222 \cdot 365 = 44,59$. Данный показатель рассчитан в ячейке F17 в виде выражения =E17*365.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

9.6. Годовые убытки от отказа в приеме груза, ден. ед. Данный показатель рассчитывается по формуле $P_k \cdot 365 \cdot S_2$ для каждой ячейки резервных площадей. Например:

– при $k = 10$ годовые убытки от отказа в приеме груза составляют $0,1695 \cdot 365 \cdot 500 = 30\,928$. Данный показатель рассчитан в ячейке G16 в виде выражения $=E16*365*G2$;

– при $k = 11$ годовые убытки от отказа в приеме груза составляют $0,1222 \cdot 365 \cdot 500 = 22\,293$. Данный показатель рассчитан в ячейке G17 в виде выражения $=E17*365*G2$.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

9.7. Годовые суммарные издержки, ден. ед. Данный показатель можно рассчитать по формуле (44) для каждой ячейки резервных площадей:

$$S_{\text{общ}} = F_q S_1 + 365 P_k S_2. \quad (44)$$

Например, при $k = 10$ годовые суммарные издержки составляют $455 \cdot 10 + 365 \cdot 0,1695 \cdot 500 = 35\,478$. Данный показатель рассчитан в ячейке H16 в виде выражения $=C16*F2+365*E16*G2$.

Аналогичным образом необходимо рассчитать показатели для k от 12 до 14.

Результаты расчетов по п. 9.1–9.7 представлены на рис. 11.6.

	A	B	C	D	E	F	G	H
14								
	Число ячеек n	Полезная площадь склада, m^2	Резервные площади, m^2	Издержки на содержание резервных площадей	Вероятность отказа в приеме груза P_k	Продолжительность отказа, суток в год	Годовые убытки от отказа в приеме груза, ден. ед.	Годовые суммарные издержки, ден. ед.
15	10	4550	455	4550	0,1695	61,86	30928	35478
16	11	5005	910	9100	0,1222	44,59	22293	31393
17	12	5460	1365	13650	0,0842	30,73	15366	29016
18	13	5915	1820	18200	0,0553	20,17	10086	28286
19	14	6370	2275	22750	0,0344	12,57	6283	29033

Рис. 11.6. Результаты расчета издержек для складов различной площади

Анализ полученных данных показывает, что оптимальная полезная складская площадь в рассматриваемом случае – $5915 m^2$. При этом суммарные издержки на содержание резервной складской площади и убытки при отказе в приеме грузов будут минимальными.

Задание для самостоятельной работы

Найти оптимальную площадь склада. Индивидуальные задания по вариантам приведены в таблице.

Таблица

Показатели для определения эффективности работы склада

Вариант	Годовой грузооборот склада, тыс. т	Период поступления материалов, сут	Средняя масса одной партии, т	Средний срок хранения, сут	Нагрузка на $1 m^2$ склада, т	Стоимость содержания $1 m^2$ склада, ден. ед.	Суточные потери от отказа в приеме груза на склад, ден. ед.
1	150	365	455	10	1	10	500
2	140	365	445	8	0,8	8	460
3	130	365	435	9	0,9	9	500
4	140	365	435	10	1	10	460
5	150	365	445	8	0,8	8	500
6	140	365	455	9	0,9	9	460
7	130	365	445	10	1	10	500
8	140	365	435	8	0,8	8	460
9	150	365	435	9	0,9	9	500
10	140	365	455	8	0,8	8	500
11	150	365	445	9	0,9	9	460
12	138	365	435	8	0,8	8	460

Контрольные вопросы

1. Какие существуют свойства для описания простейшего потока заявок?
2. Как определить интенсивность (плотность) потока заявок (партий) в сутки?
3. Как вычисляется интенсивность обслуживания заявок?
4. Как определить полезную площадь склада?
5. Как сделать обоснованный вывод об оптимальном размере складской площади?

Практическая работа № 12

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ НОМОГРАММ НАГРУЗОК МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА БАЗАХ И СКЛАДАХ

Цель работы: закрепить теоретические знания и получить практические навыки по расчету и построению номограмм нагрузок машин и механизмов на базах и складах.

Теоретические сведения

Номограммы служат для определения необходимого количества машин и механизмов, работающих на базах и складах, в зависимости от условий их функционирования (загрузки в течение суток и рабочего периода). Кроме того, позволяют установить оптимальный режим работы имеющегося на складе оборудования и др.

При этом необходимо придерживаться следующих принципов:

1. Модельный состав подъемно-транспортных машин должен включать минимальное количество наименований.

2. Количество подъемно-транспортных машин каждой модели должно быть оптимальным, что обуславливает необходимость построения номограмм нагрузок.

Расчет и построение номограмм нагрузок машин и механизмов на базах и складах базируется на зависимости по определению величины материалопотока, проходящего через склад за определенный период времени (месяц, год). Зависимость имеет следующий вид:

$$Q = C_p N_n D_p N, \quad (45)$$

где Q – материалопоток, проходящий через склад за определенный период времени (величина постоянная), т/мес., т/г;

C_p – часовая эксплуатационная производительность единицы подъемно-транспортного оборудования, т/(ч · ед.);

N_n – количество подъемно-транспортного оборудования на складе, ед.;

D_p – количество рабочих дней в течение данного определенного периода времени (дн./мес., дн./г);

N – загрузка подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня, ч/день.

Задача. На товарной базе материалопоток за месяц составляет 5000 т. На базе могут применяться электрокары эксплуатационной

производительностью 10, 15 и 20 т/ч. При этом они могут использоваться различное число дней в месяц (10, 15, 20 дней) и иметь разную загрузку в течение рабочего дня. Построить номограмму нагрузок машин и механизмов для заданных условий.

Методические рекомендации

1. Для решения задачи необходимо задать исходные данные (рис. 12.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1			C _p , т/ч			N, дн			Q
2	N _n , ч	10	15	20	10	15	20		5000
3	2								
4	3								
5	4								
6	5								
7	6								
8	7								
9	8								
10	9								
11	10								
12	11								
13	12								

Рис. 12.1. Исходная таблица для расчета

2. Рассчитать общие производительности подъемно-транспортного оборудования при производительности 10, 15 и 20 т/ч и при наличии на складе от 2 до 12 единиц подъемно-транспортного оборудования.

В качестве переменной величины в данной функции выступает загрузка подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня. Графики гиперболических зависимостей (правая часть номограммы) соответствуют количеству рабочих дней машин в течение месяца, т. е. количество рабочих дней для отдельной гиперболы – величина постоянная (рис. 12.4).

Например, при наличии на складе двух единиц оборудования и их производительности 10 т/ч общая производительность составляет 20 т/ч. Данное значение рассчитано в ячейке B3 по выражению $=B2*A3$.

Аналогичным образом рассчитываются производительности подъемно-транспортного оборудования при грузоподъемности 15 и 20 т/ч, а также при определенном количестве единиц оборудования.

3. Рассчитать загрузку подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня, зная производительность, количество оборудования и материалопоток, проходящий через склад за период времени.

С учетом формулы (45) зависимость Y выглядит как $Y = \text{Ч}_p \text{Н}_n = Q / (D_p N)$.

Например, при наличии на складе двух единиц оборудования, при работе оборудования 10 дней и при 5000 т, проходящих через склад за данный период времени, загрузка подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня составит 250 т. Данное значение рассчитано в ячейке E3 по выражению $=\$I\$2/(\$E\$2*\text{A}3)$.

Аналогичным образом рассчитывается загрузка подъемно-транспортного оборудования в течение рабочего дня при работе 15 и 20 дней, а также при определенном количестве единиц оборудования.

Расчет по п. 2 и п. 3 представлен на рис. 12.2.

4. Построить график Ч_p (рис. 12.3).

5. Построить график гиперболической зависимости по расчетам, полученным в п. 3 (рис. 12.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Ч _р , т/ч			N, дн				Q	
2	Н _н , ч	10	15	20	10	15	20		5000	
3	2	20	30	40	250	167	125			
4	3	30	45	60	167	111	83		= $\$I\$2/(\$E\$2*\text{A}3)$	
5	4	40	60	80	125	83	63		= $\$B\$2*\text{A}3$	
6	5	50	75	100	100	67	50			
7	6	60	90	120	83	56	42			
8	7	70	105	140	71	48	36			
9	8	80	120	160	63	42	31			
10	9	90	135	180	56	37	28			
11	10	100	150	200	50	33	25			
12	11	110	165	220	45	30	23			
13	12	120	180	240	42	28	21			

Рис. 12.2. Расчет Y и гиперболической зависимости

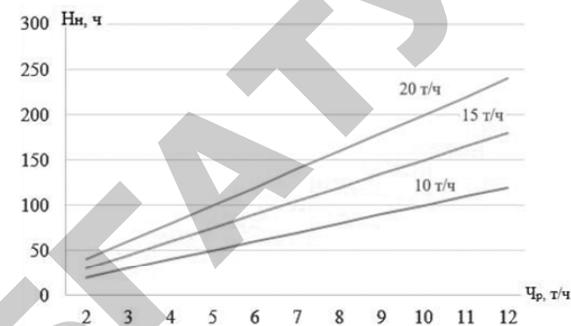


Рис. 12.3. График Y

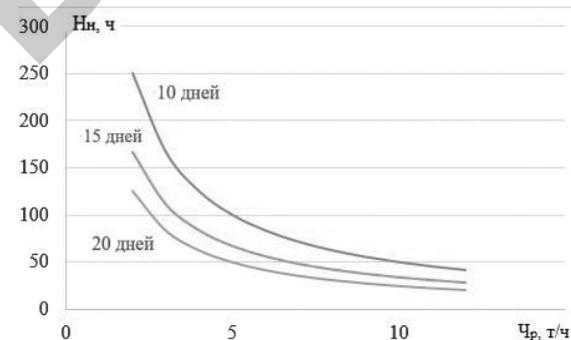


Рис. 12.4. График гиперболической зависимости

Поместив рядом полученные графики, с помощью построенной номограммы определить загрузку в течение рабочего дня 10 электрокаров, работающих на товарной базе, производительностью 10 т/ч, приняв, что данное оборудование будет использоваться 10 дней в месяц. После проведения необходимых построений получается 5 ч (рис. 12.5).

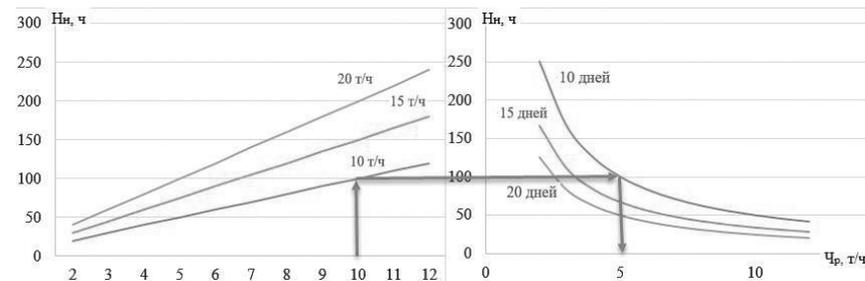


Рис. 12.5. Определение значений по номограмме

Задание для управляемой самостоятельной работы

Согласно выбранному варианту задания построить номограмму нагрузок электрокаров производительностью 4, 10, 15 и 20 т/ч, которые могут эксплуатироваться в течение 5, 10, 15 и 20 дней в месяц. Величина материалопотока товарной базы за месяц представлена в таблице.

Таблица

Данные для индивидуальной работы студентов

Вариант	Материалопоток товарной базы, т/мес.	Вариант	Материалопоток товарной базы, т/мес.
1	18 200	6	12 000
2	16 600	7	13 000
3	17 000	8	19 000
4	17 500	9	13 500
5	11 000	10	11 400

С помощью номограммы нагрузок определить:

– необходимое количество электрокаров производительностью 15 т/ч, которые будут эксплуатироваться 7 ч в течение рабочего дня и 20 дней в месяц;

– загрузку в течение рабочего дня работающих на товарной базе 10 электрокаров производительностью 10 т/ч, приняв, что они будут использоваться 20 дней в месяц.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается цель построения номограмм нагрузок машин и механизмов на базах и складах?
2. Что представляет собой номограмма нагрузок?
3. На основании какой зависимости строятся номограммы нагрузок?
4. Какая величина остается постоянной при построении номограмм нагрузок?
5. В чем заключается алгоритм построения номограмм нагрузок?

Практическая работа № 13

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАРШРУТОВ

Цель работы: определение оптимальных транспортных маршрутов методом потенциалов и симплекс-методом.

Теоретические сведения

Транспортные задачи (модели) – специальный класс задач линейного программирования. Они часто используются для оптимизации объемов перевозок из пунктов отправления в пункты назначения при минимальных суммарных затратах. При этом должны быть учтены как ограниченные возможности поставщиков по отправке грузов, так и заданные потребности получателей. Предполагается, что тарифы за перевозку единицы груза от любого поставщика к любому получателю известны и что стоимость перевозки по выбранному маршруту пропорциональна объему груза.

При выполнении этих условий для решения задачи транспортного типа можно использовать специализированный алгоритм, основанный на *методе потенциалов*. В этом случае объем вычислительной работы сокращается настолько, что при небольшой размерности задачи ее можно решить даже без вычислительной техники. Решение задач транспортного типа *симплекс-методом* значительно увеличивает объем вычислений, однако при использовании современной вычислительной техники это несущественно. К преимуществам использования симплекс-метода следует отнести возможность его реализации в Excel и в других пакетах прикладных программ и простоту ввода различных дополнительных условий.

С точки зрения менеджера отдела логистики, транспортные задачи – это любые задачи, связанные с оптимизацией перевозок.

Очень часто транспортная задача имеет целью минимизацию транспортных издержек при перевозке однотипных грузов от нескольких поставщиков (с различных складов), расположенных в разных местах, к нескольким потребителям.

При этом в транспортной задаче принимают в расчет только переменные транспортные издержки, т. е. считают, что суммарные издержки пропорциональны количеству перевезенных единиц груза.

Данными для решения транспортной задачи будут потребности клиентов, запасы поставщиков (складов) и транспортные издержки.

Задача 1. Имеется 4 склада с запасами товаров 200, 250, 300 и 350 единиц. Заказы сделали 6 клиентов на 200, 190, 180, 170, 160, 150 единиц соответственно. Транспортные издержки на единицу товара представлены в табл. 13.1.

Таблица 13.1

Матрица тарифов перевозок

Поставщик	Клиенты					
	К1	К2	К3	К4	К5	К6
П ₁	8	12	13	9	5	10
П ₂	9	11	5	4	11	8
П ₃	5	9	12	5	20	11
П ₄	6	6	4	6	17	6

Требуется на основе имеющегося спроса и предложения определить план перевозок в соответствии со следующими ситуациями:

- Ситуация 1* – рассчитать исходный план перевозок.
- Ситуация 2* – маршрут от поставщика 2 к клиенту 4 заблокирован (дорожные работы, пробка на автотрассе). Тариф на перевозку между данным поставщиком и клиентом в связи с этим увеличится в 10 раз.
- Ситуация 3* – запасы поставщика 1 должны быть израсходованы полностью.
- Ситуация 4*:
 - ситуация 4а – наблюдается дефицит товара, т. к. на складе поставщика 3 имеется 200 единиц;
 - ситуация 4б – на складе поставщика 3 имеется 200 единиц, а клиенты 2 и 6 являются постоянными заказчиками, и их интересы обязательно надо учесть.
- Ситуация 5* – от каждого поставщика доставлять клиенту не более 50 % товара.

Методические рекомендации

Для решения данной задачи нужно выполнить действия поэтапно, предварительно создав рабочую матрицу.

Занести в Excel исходные данные (рис. 13.1).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Матрица тарифов перевозок						
2		Клиенты					
3	Поставщик	К1	К2	К3	К4	К5	К6
4	П ₁	8	12	13	9	5	10
5	П ₂	9	11	5	4	11	8
6	П ₃	5	9	12	5	20	11
7	П ₄	6	6	4	6	17	6
8	Рабочая таблица						
9	Запас	Потребности клиентов					
10		200	190	180	170	160	150
11	200						
12	250						
13	300						
14	350						

Рис. 13.1. Исходные данные по тарифам перевозок и размерам заказов/поставок

Для определения соответствия спроса и предложения суммируются потребности клиентов и возможности поставщиков. То есть в ячейки В17 и В18 вводятся соответствующие формулы, представленные на рис. 13.2. В данном случае следует отметить превышение предложения над спросом.

	A	B	C	D
17	Спрос	1050	=СУММ(B10:G10)	
18	Предложение	1100	=СУММ(A11:A14)	
19				

Рис. 13.2. Определение спроса и предложения

Создать рабочий столбец и рабочую строку, в которые заносятся соответственно суммы по столбцам и строкам. Например, в ячейку Н11 записывается =СУММ(B11:G11), а в ячейки Н12–Н14 – значения сумм по аналогии. В ячейку В15 записывается выражение =СУММ(B11:B14), а в ячейки С15–G15 – значения сумм по аналогии (рис. 13.3). Так как результатом решения должен являться вариант с минимальными транспортными издержками, то в ячейку Н15 заносится формула =СУММПРОИЗВ(B11:G14;B4:G7).

Исходные данные для каждой ситуации копируются на отдельный лист.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
8	Рабочая таблица								
9	Запас	Потребности клиентов					Сумма по строке (используемые запасы)		
10		200	190	180	170	160	150		
11	200							=СУММ(B11:G11)	
12	250							0	
13	300							0	
14	350							0	
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	=СУММ(B11:B14)							
		0	0	0	0	0	0	0	

Рис. 13.3. Определение рабочего столбца и рабочей строки

Ситуация 1. Для расчета исходного плана перевозок следует предварительно отметить, что предложение превышает спрос на 50 единиц продукции. Поэтому задаются такие ограничения, которые не противоречили бы друг другу.

Одним из ограничений будет обеспечение удовлетворения потребности потребителей, т. е. $B15:G15 = B10:G10$. Другим ограничением – реализация запасов не более имеющихся, т. е. $H11:H14 \leq A11:A14$.

Для того чтобы минимизировать транспортные издержки, в качестве целевой функции в диалоговом окне «Параметры поиска решения» задается ячейка H15. А в качестве изменяемых ячеек задаются ячейки переменных B11:G14 (рис. 13.4). Кроме того, все переменные должны быть неотрицательными, для этого в параметрах поиска решения ставится соответствующая отметка.

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

Рис. 13.4. Работа в диалоговом окне модуля «Поиск решения»

Остается указать метод решения – выбирается симплекс-метод. Для нахождения решения нажать на кнопку «Найти решение». Оптимальное решение задачи представлено на рис. 13.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Матрица тарифов перевозок							
2		Клиенты						
3	Поставщик	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
4	П ₁	8	12	13	9	5	10	
5	П ₂	9	11	5	4	11	8	
6	П ₃	5	9	12	5	20	11	
7	П ₄	6	6	4	6	17	6	
8	Рабочая таблица							
9	Запас	Потребности клиентов					Сумма по строке (используемые запасы)	
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	0	0	0	0	160	0	160
12	250	0	0	170	80	0	0	250
13	300	200	0	0	90	0	0	290
14	350	0	190	10	0	0	150	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	180	170	160	150	5500

Рис. 13.5. Оптимальное решение для ситуации 1

Транспортные издержки составят 5500 единиц. Следовательно, план перевозок по клиентам:

- поставщик 1 доставит 160 единиц товара клиенту 5;
- поставщик 2 доставит 170 единиц товара клиенту 3 и 80 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 3 доставит 200 единиц товара клиенту 1 и 90 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 190 единиц товара клиенту 2, 10 единиц товара клиенту 3 и 150 единиц товара клиенту 6;

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 1 останется 40 единиц товара ($200 - 160 = 40$), у поставщика 3 – 10 единиц товара ($300 - 290 = 10$).

Ситуация 2. Проезд от поставщика 2 к клиенту 4 заблокирован (дорожные работы, пробка на автотрассе). Действия менеджера очень просты: изменить (увеличить) тариф на соответствующем маршруте (рис. 13.6).

	A	B	C	D	E	F	G
1	Матрица тарифов перевозок						
2		Клиенты					
3	Поставщик	K1	K2	K3	K4	K5	K6
4	П ₁	8	12	13	9	5	10
5	П ₂	9	11	5	40	11	8
6	П ₃	5	9	12	5	20	11
7	П ₄	6	6	4	6	17	6

Рис. 13.6. Тариф увеличен в 10 раз

Остальные действия остаются прежними и соответствуют ситуации 1. Результат представлен на рис. 13.7. Закрытие маршрута обойдется в 280 денежных единиц ($5780 - 5500 = 280$).

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	Рабочая таблица							
9	Запас	Потребности клиентов						Сумма по строке (используемые запасы)
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	0	0	0	0	160	0	160
12	250	0	0	180	0	0	60	240
13	300	200	0	0	100	0	0	300
14	350	0	190	0	70	0	90	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	180	170	160	150	5780

Рис. 13.7. Результат решения для ситуации 2

Транспортные издержки составят 5780 единиц. Следовательно, план перевозок по клиентам:

- поставщик 1 доставит 15 единиц товара клиенту 1 и 160 единиц товара клиенту 5;
- поставщик 2 доставит 180 единиц товара клиенту 3 и 45 единиц товара клиенту 6;
- поставщик 3 доставит 185 единиц товара клиенту 1 и 115 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 190 единиц товара клиенту 2, 55 единиц товара клиенту 4 и 105 единиц товара клиенту 6.

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 1 останется 25 единиц товара ($200 - 175 = 25$), у поставщика 2 – 25 единиц товара ($250 - 225 = 25$).

Ситуация 3. Запасы поставщика 1 должны быть израсходованы полностью. Следовательно, товаров от поставщиков 2, 3 и 4 должно быть не более, чем имеется у них на складе, а суммарное количество товаров от поставщика 3 должно быть равно складскому запасу.

Таким образом, ограничения примут следующий вид (рис. 13.8):

- полное удовлетворение потребности потребителей – $B15:G15 = B10:G10$;
- реализация запасов на складе поставщика 1 – $\$H\$11 = \$A\11 ;
- реализация запасов на складе поставщиков 2, 3 и 4 – $\$H\$12:\$H\$14 \leq \$A\$12:\$A\14 .

Рис. 13.8. Запись ограничений для ситуации 3

Результат представлен на рис. 13.9. По сравнению с исходной ситуацией (ситуация 1) затраты увеличатся на 80 единиц.

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	Рабочая таблица							
9	Запас	Потребности клиентов						Сумма по строке (используемые запасы)
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	0	0	0	0	160	40	200
12	250	0	0	130	120	0	0	250
13	300	200	0	0	50	0	0	250
14	350	0	190	50	0	0	110	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	180	170	160	150	5580

Рис. 13.9. Результат решения для ситуации 3

Транспортные издержки составят 5580 единиц. Следовательно, план перевозок по клиентам:

- поставщик 1 доставит 160 единиц товара клиенту 5 и 40 единиц товара клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 130 единиц товара клиенту 3 и 120 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 3 доставит 200 единиц товара клиенту 1 и 50 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 190 единиц товара клиенту 2, 50 единиц товара клиенту 3 и 110 единиц товара клиенту 6.

Все заказы клиентов выполнены. У поставщика 3 останется 50 единиц товара ($300 - 250 = 50$).

Ситуация 4а. Исходя из условия задачи, запасы у поставщика 3 будут равны не 300, а 200 единицам. Возникает ситуация дефицита товаров: спрос на 50 единиц меньше предложения (рис. 13.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	<i>Рабочая таблица</i>							
9	Запас	Потребности клиентов					Сумма по строке (используемые запасы)	
10		200	190	180	170	160	150	
11	200							0
12	250							0
13	200							0
14	350							0
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 13.10. Снижение запасов на складе поставщика 3

Так как наблюдается дефицит, то все товары должны быть распределены, но каждый клиент должен получить не более заказанного, т. е. ограничение будет иметь вид $B15:G15 \leq B10:G10$. В то же время все запасы должны быть реализованы, т. е. $\$H\$11:\$H\$14 = \$A\$11:\$A\14 .

Окно поиска решения будет выглядеть так, как показано на рис. 13.11. Результат полученного решения представлен на рис. 13.12. По сравнению с исходной ситуацией (ситуация 1) затраты увеличатся на 320 единиц. Транспортные издержки составят 5180 единиц.

Рис. 13.11. Запись ограничений для ситуации 4а

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	<i>Матрица тарифов перевозок</i>							
2		Клиенты						
3	Поставщик	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
4	P ₁	8	12	13	9	5	10	
5	P ₂	9	11	5	4	11	8	
6	P ₃	5	9	12	5	20	11	
7	P ₄	6	6	4	6	17	6	
8	<i>Рабочая таблица</i>							
9	Запас	Потребности клиентов					Сумма по строке (используемые запасы)	
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	0	0	0	0	160	40	200
12	250	0	0	80	170	0	0	250
13	200	200	0	0	0	0	0	200
14	350	0	190	100	0	0	60	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	180	170	160	100	5180
16								
17	Спрос	1050						
18	Предложение	1000						

Рис. 13.12. Результат решения для ситуации 4а

Ситуация 4б. В результате выбранного для ситуации 4а решения клиент 2 недополучит 50 единиц груза. Но в условии задачи сказано, что клиенты 2 и 6 являются постоянными заказчиками и что их интересы обязательно надо учесть. Таким образом, при решении ситуации 4б следует ввести следующие ограничения (рис. 13.13):

- клиенты 2 и 6 являются постоянными (учесть их интерес на 100 %) – $CS15 = C\$10$ и $GS15 = G\$10$ соответственно;
- интересами клиентов 1, 3, 4 и 5 можно пренебречь – $BS15 \leq B\$10$ и $DS15:FS15 \leq D\$10:FS10$.

Рис. 13.13. Запись ограничений для ситуации 4б

Затраты в данном случае увеличатся на 100 единиц по сравнению с ситуацией 4а, клиент 3 недополучит товар в количестве 50 единиц (рис. 13.14).

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	<i>Рабочая таблица</i>							
9	Запас	Потребности клиентов						Сумма по строке (используемые запасы)
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	0	0	0	0	160	40	200
12	250	0	0	80	170	0	0	250
13	200	200	0	0	0	0	0	200
14	350	0	190	50	0	0	110	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	130	170	160	150	\$280

Рис. 13.14. Результат решения для ситуации 4б

Следовательно, план перевозок по клиентам составит:

- поставщик 1 доставит 160 единиц товара клиенту 5 и 40 единиц товара клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 80 единиц товара клиенту 3 и 170 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 3 доставит 200 единиц товара клиенту 1;

- поставщик 4 доставит 190 единиц товара клиенту 2, 50 единиц товара клиенту 3 и 110 единиц товара клиенту 6.

Все товары со складов поставщиков доставлены. Но клиенту 3 недопоставили 50 единиц товара ($180 - 130 = 50$).

Ситуация 5. Решено от каждого поставщика доставлять клиенту не более 50 % товаров. Рассмотрим реализацию этой ситуации.

В ячейке A16 указывается требуемый процент. В ячейки B16–G16 записывается допустимое количество груза (например, для клиента 1 $=A\$16*B15$), что показано на рис. 13.15. Параметры поиска решения дополняются условием, что величина каждого груза не превышает максимально допустимое количество единиц, т. е. появляются дополнительные ограничения по сравнению с ситуацией 1. Ограничения в зависимости от условия отражены на рис. 13.16.

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	<i>Рабочая таблица</i>							
9	Запас	Потребности клиентов						Сумма по строке (используемые запасы)
10		200	190	180	170	160	150	
11	200							0
12	250							0
13	300							0
14	350							0
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	0	0	0	0	0	0	0
16	50%	$=A\$16*B15$						

Рис. 13.15. Процентное ограничение

После выполнения поставленной задачи получается, что затраты возрастут на 1120 единиц по сравнению с ситуацией 1 (рис. 13.17).

Следовательно, план перевозок по клиентам:

- поставщик 1 доставит 15 единиц товара клиенту 1, 80 единиц товара клиенту 5 и 75 единиц товара клиенту 6;
- поставщик 2 доставит 90 единиц товара клиенту 3, 80 единиц товара клиенту 4 и 80 единиц товара клиенту 5;
- поставщик 3 доставит 100 единиц товара клиенту 1, 95 единиц товара клиенту 2, 85 единиц товара клиенту 4;
- поставщик 4 доставит 85 единиц товара клиенту 1, 95 единиц товара клиенту 2, 90 единиц товара клиенту 3, 5 единиц товара клиенту 4 и 75 единиц товара клиенту 6.

Таблица 13.2

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

\$G\$11:\$G\$14 <= \$G\$16
 \$H\$11:\$H\$14 <= \$A\$11:\$A\$14
 \$B\$15:\$G\$15 = \$B\$10:\$G\$10
 \$B\$11:\$B\$14 <= \$B\$16
 \$C\$11:\$C\$14 <= \$C\$16
 \$D\$11:\$D\$14 <= \$D\$16
 \$E\$11:\$E\$14 <= \$E\$16
 \$F\$11:\$F\$14 <= \$F\$16

Рис. 13.16. Дополнительные ограничения для ситуации 5

	A	B	C	D	E	F	G	H
8	Рабочая таблица							
9	Запас	Потребности клиентов						Сумма по строке (используемые запасы)
10		200	190	180	170	160	150	
11	200	15	0	0	0	80	75	170
12	250	0	0	90	80	80	0	250
13	300	100	95	0	85	0	0	280
14	350	85	95	90	5	0	75	350
15	Сумма по столбцу (удовлетворение потребностей)	200	190	180	170	160	150	6620
16	50%	100	95	90	85	80	75	
17	Спрос	1050						
18	Предложение	1100						

Рис. 13.17. Результат решения для ситуации 5

Все товары со складов поставщиков 2, 3 и 4 доставлены. На складе поставщика 1 останется 30 единиц товара (200 – 170 = 30), на складе поставщика 3 – 20 единиц товара (300 – 280 = 20).

Задание для самостоятельной работы

В табл. 13.2 представлены тарифы на перевозку для вариантов 1–10. В табл. 13.3 представлены запасы поставщиков и потребности клиентов.

Тарифы на перевозку

Поставщик	Клиенты											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
П ₁	12	5	15	6	6	12	5	12	12	7	15	6
П ₂	12	8	10	14	9	7	10	13	12	15	6	15
П ₃	13	14	10	6	10	6	5	11	10	14	6	8
П ₄	7	7	8	9	6	5	5	14	8	13	11	5
П ₅	12	10	14	6	15	6	7	9	15	6	12	8
П ₆	11	11	6	13	12	11	15	5	5	11	15	14
П ₇	13	13	15	12	12	7	9	11	10	6	5	8
П ₈	11	14	12	15	6	15	8	11	7	14	5	6
П ₉	15	8	12	8	14	15	11	7	11	6	6	8
П ₁₀	9	6	15	8	13	5	8	12	13	8	8	12

Таблица 13.3

Запасы поставщиков и потребности клиентов

Вариант	Параметр	Номер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Потребности клиента	260	210	200	140	190	130	290	240	220	150	170	280
	Запасы поставщика	260	290	260	240	300	340	340	280	200	400	–	–
2	Потребности клиента	160	240	280	150	160	210	190	220	180	260	210	250
	Запасы поставщика	300	280	290	210	200	310	240	400	230	300	–	–
3	Потребности клиента	150	130	170	260	140	240	140	240	160	150	120	120
	Запасы поставщика	290	400	200	400	240	310	380	320	310	320	–	–
4	Потребности клиента	110	280	170	260	300	220	130	270	260	260	150	220
	Запасы поставщика	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Окончание таблицы 13.3

Вариант	Параметр	Номер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Запасы поставщика	300	200	220	320	380	230	230	340	300	340	–	–
5	Потребности клиента	300	240	100	220	120	110	210	220	140	170	270	230
	Запасы поставщика	340	310	390	330	330	340	220	230	340	260	–	–
6	Потребности клиента	300	170	170	120	260	230	110	180	250	220	290	240
	Запасы поставщика	280	220	320	260	340	220	340	390	340	290	–	–
7	Потребности клиента	250	200	200	290	150	300	220	220	300	200	270	210
	Запасы поставщика	300	200	200	280	240	360	230	320	390	210	–	–
8	Потребности клиента	170	120	240	170	200	150	220	120	290	160	160	250
	Запасы поставщика	270	230	200	320	350	320	250	300	230	210	–	–
9	Потребности клиента	110	100	270	290	240	140	130	190	190	170	300	290
	Запасы поставщика	400	280	270	360	270	200	270	310	280	210	–	–
10	Потребности клиента	170	280	220	100	280	300	250	210	100	110	290	160
	Запасы поставщика	400	310	310	220	230	210	240	380	240	210	–	–

Определить план перевозки при следующих производственных ситуациях (табл. 13.4):

- ситуация 1 – рассчитать исходный план перевозок;
- ситуация 2 – маршруты от поставщика к клиентам закрыты. В связи с этим тариф на перевозку между данным поставщиком и клиентом увеличится в N раз;
- ситуация 3 – запасы поставщиков должны быть израсходованы полностью;
- ситуация 4 – на складе поставщиков имеется на P единиц товара меньше исходного, потребности клиентов на M единиц меньше;
- ситуация 5 – от каждого поставщика доставлять клиенту не более $Z\%$ товаров.

Таблица 13.4

Исходные параметры для ситуаций 2–5

Вариант	Ситуация 2	Ситуация 3	Ситуация 4	Ситуация 5
1	Поставщик 1. Клиенты 2, 6 и 7. $N = 6$	Поставщики 1, 4 и 5	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-10} = 60.$ $M_{1-8} = 10$	$Z = 75\%$
2	Поставщик 2. Клиенты 4, 8 и 12. $N = 2$	Поставщики 2, 4 и 6	$P_{1-4} = 40.$ $P_{5-10} = 50.$ $M_{1-9} = 12$	$Z = 80\%$
3	Поставщик 3. Клиенты 2, 8 и 9. $N = 10$	Поставщики 1, 5 и 8	$P_{1-4} = 120.$ $P_{5-10} = 130.$ $M_{1-7} = 2$	$Z = 70\%$
4	Поставщик 4. Клиенты 3, 4 и 8. $N = 8$	Поставщики 2, 3 и 8	$P_{1-5} = 40.$ $P_{6-10} = 50.$ $M_{1-9} = 15$	$Z = 60\%$
5	Поставщик 5. Клиенты 2, 4 и 5. $N = 12$	Поставщики 4, 7 и 10	$P_{1-4} = 80.$ $P_{5-10} = 90.$ $M_{3-10} = 3$	$Z = 90\%$
6	Поставщик 6. Клиенты 2, 7 и 9. $N = 7$	Поставщики 5, 6 и 8	$P_{1-5} = 60.$ $P_{6-10} = 70.$ $M_{6-12} = 8$	$Z = 75\%$
7	Поставщик 7. Клиенты 3, 6 и 7. $N = 8$	Поставщики 8, 9 и 10	$P_{1-4} = 18.$ $P_{5-10} = 15.$ $M_{6-11} = 15$	$Z = 55\%$

Вариант	Ситуация 2	Ситуация 3	Ситуация 4	Ситуация 5
8	Поставщик 8. Клиенты 10, 11 и 12. $N = 7$	Поставщики 7, 8 и 9	$P_{1-5} = 60.$ $P_{6-10} = 70.$ $M_{6-12} = 8$	$Z = 60 \%$
9	Поставщик 9. Клиенты 2, 5 и 7. $N = 14$	Поставщики 1, 3 и 10	$P_{1-4} = 65.$ $P_{5-10} = 50.$ $M_{1-9} = 12$	$Z = 80 \%$
10	Поставщик 10. Клиенты 2, 3 и 8. $N = 11$	Поставщики 2, 5 и 9	$P_{1-5} = 50.$ $P_{6-10} = 60.$ $M_{1-8} = 10$	$Z = 92 \%$

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой транспортные задачи?
2. Какие методы существуют для решения транспортных задач?
3. В чем сущность симплекс-метода, применяемого для решения транспортных задач?
4. В чем сущность метода потенциалов, применяемого для решения транспортных задач?
5. Какой план считается оптимальным для перевозки груза?

Практическая работа № 14

ОПТИМИЗАЦИЯ МАЯТНИКОВЫХ МАРШРУТОВ С ОБРАТНЫМ ХОЛОСТЫМ ПРОБЕГОМ

Цель работы: оптимизировать маятниковые маршруты с обратным холостым пробегом, обеспечивая минимально необходимый пробег автомобилей при обслуживании потребителей.

Теоретические сведения

Оптимизация маятниковых и кольцевых маршрутов автотранспорта позволяет при одних и тех же объемах грузоперевозок снизить транспортную работу, а также потребление горюче-смазочных материалов до 15–20 %.

Маятниковый маршрут – такой маршрут, при котором путь следования транспортного средства (автомобиля, тракторно-транспортного агрегата) между двумя и более грузопунктами неоднократно повторяется.

Маятниковые маршруты бывают:

- с обратным холостым пробегом;
- с обратным не полностью груженным пробегом;
- с обратным груженым пробегом.

Количество автомобилей, необходимое для обслуживания потребителей:

$$N_{\text{авт}} = \frac{l_{1x} + \left(l_{\text{гр}} \left(2 \frac{\Pi_{\text{потр}}}{q_{\text{авт}}} - 1 \right) \right) + l_{2x}}{v_t} + \frac{\Pi_{\text{потр}}}{q_{\text{авт}}} t_{\text{п.-р}}, \quad (46)$$

где l_{1x} – первый нулевой пробег, км;

l_{2x} – второй нулевой пробег, км;

$l_{\text{гр}}$ – груженная ездка, км;

$\Pi_{\text{потр}}$ – потребность потребителя, т;

v_t – средняя техническая скорость, км/ч;

$q_{\text{авт}}$ – грузоподъемность автомобиля, т;

$t_{\text{п.-р}}$ – суммарный простой под погрузкой-разгрузкой, ч;

t_n – время работы в наряде, ч.

Путь, который проходят автомобили при обслуживании соответствующего потребителя:

$$l_{\text{авт}} = l_{1x} N_{\text{авт}} + l_{\text{гр}} \left(2 \frac{\Pi_{\text{потр}}}{q_{\text{авт}}} - N_{\text{авт}} \right) + l_{2x} N_{\text{авт}}. \quad (47)$$

Количество ездов одного автомобиля

$$n_{\text{езд}} = \frac{t_{\text{н}}}{t_{\text{езд}}} = \frac{\Pi_{\text{потр}}}{q_{\text{авт}}}. \quad (48)$$

Время одной ездки

$$t_{\text{езд}} = \frac{l_{\text{гр}} + l_x}{v_t} + t_{\text{н}} + t_{\text{р}}, \quad (49)$$

где $t_{\text{н}}$ – простой под погрузкой, ч;
 $t_{\text{р}}$ – простой под разгрузкой, ч.

Техническая скорость

$$v_t = \frac{l_{\text{общ}}}{t_{\text{дв}}}, \quad (50)$$

где $l_{\text{общ}}$ – общий пробег автомобиля за рабочий день, км;
 $t_{\text{дв}}$ – время движения, которое включает кратковременные остановки, регламентированные правилами дорожного движения, ч.

Методику оптимизации маятниковых маршрутов с обратным холостым пробегом рассмотрим на примере следующей производственной ситуации.

Задача. В соответствии с заключенными договорами на оказание транспортных услуг автотранспортное предприятие (АТП) должно обеспечить доставку товаров трем потребителям – П1, П2 и П3, – потребности которых составляют соответственно 80, 180 и 160 т. При этом оговорено, что доставка должна быть обеспечена независимо от времени рабочего дня. Расстояния в километрах пути между АТП и потребителями, а также между потребителями и складом (С), откуда будет осуществляться доставка товаров, представлены на схеме (рис. 14.1).

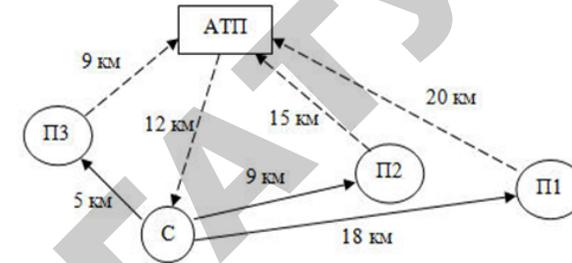


Рис. 14.1. Схема размещения потребителей, склада и АТП

Следует подчеркнуть, что если оптовая база имеет собственный подвижной состав автомобильного транспорта, то в данной ситуации время в наряде равно времени на маршруте.

Транспортировка груза в соответствии с договорами будет осуществляться автомобилями грузоподъемностью 20 т.

Время работы автомобилей в наряде – 8 ч, техническая скорость – 60 км/ч, а суммарное время под погрузкой-разгрузкой – 20 мин.

Решить задачу оптимизации транспортных маршрутов для следующих ситуаций:

- ситуация 1 – оптимизировать исходные транспортные маршруты;
- ситуация 2 – оптимизировать транспортные маршруты, если потребность покупателя 2 увеличится на 20 т.

Методические рекомендации

Рассмотрим реализацию предлагаемого программного продукта на представленном примере, используя следующий алгоритм.

1. Необходимо создать исходную таблицу и внести в нее имеющуюся информацию (рис. 14.2).

2. Так как договоры заключаются с каждым потребителем отдельно, то для обслуживания каждого потребителя требуется определить необходимое количество автомобилей.

Необходимое количество автомобилей для каждого потребителя рассчитывается по формуле (46). Следовательно, для потребителя 1 в ячейку Н4 вносится формула $=((\$H\$12+(D4*(2*C4/\$C\$12-1))+E4)/\$D\$12+(C4/\$C\$12*\$F\$12))/\$G\12 . Результат решения по покупателю 1 составляет 0,50 автомобиля. Это говорит о том, что транспортному средству понадобится для обслуживания потребителя 1 всего 4 ч.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Потребитель	Потребность, т	Груженная ездка, км	Второй нулевой пробег, км				Количество автомобилей для обслуживания потребителя без округления	Пробег при обслуживании потребителей, км
2	П1	80	18	20				с округлением	
3	П2	180	9	15					
4	П3	160	5	9					
5					Всего				
6									
7									
8									
9									
10	Грузополъемность, т	Средняя техническая скорость, км/ч	Суммарный простой под погрузкой-разгрузкой, ч	Первый нулевой пробег, км	Время работы в наряде, ч				
11	20	60	20	0,333333333	8				
12	Транспорт								

Рис. 14.2. Таблицы с исходной информацией

Аналогичным образом будет рассчитано количество автомобилей для обслуживания потребителей 2 и 3.

Результаты расчетов представлены на рис. 14.3.

	G	H	I	J
1				
2		Количество автомобилей для обслуживания потребителя		Пробег при обслуживании потребителей, км
3		без округления		
4		0,49583		
5		0,75000		
6		0,53333		
7	Всего			

Рис. 14.3. Расчет количества автомобилей на маршрутах

Рассчитанное дробное число (0,50; 0,75; 0,53) округляется в большую сторону до целого числа (соответствующая функция записывается в ячейки I4, I5, I6) – 1 автомобиль (рис. 14.4).

3. Путь, который проходят автомобили при обслуживании соответствующего потребителя, определяется по формуле (47). Следовательно, для потребителя 1 в ячейку J4 записывается выражение $=\$H\$12*I4+(D4*(2*C4/\$C\$12-1)*I4)+E4*I4$.

Рассчитывается пробег автомобилей при обслуживании потребителей 2 и 3. Результат решения по покупателям 1, 2 и 3 составит соответственно 158, 180 и 96 км (рис. 14.4).

	G	H	I	J	K	L
1						
2		Количество автомобилей для обслуживания потребителя		Пробег при обслуживании		
3		без округления	с округлением	$=\$H\$12*I4+(D4*(2*C4/\$C\$12-1)*I4)+E4*I4$		
4		0,49583	1	158		
5		0,75000	1	180		
6		0,53333	1	96		
7	Всего					

Рис. 14.4. Расчет необходимого количества автомобилей на маршрутах и пробега при обслуживании потребителя, км

В ячейках H7, I7, J7 рассчитываются суммы по столбцам. В результате получается: сумма необходимых автомобилей без округлений – 1,78; сумма автомобилей с округлением – 3; совокупный путь, который проходят автомобили до оптимизации маршрута, – 434 км (рис. 14.5).

	G	H	I	J
1				
2		Количество автомобилей для обслуживания потребителя		Пробег при обслуживании потребителей, км
3		без округления	с округлением	
4		0,49583	1	158
5		0,75000	1	180
6		0,53333	1	96
7	Всего	1,78	3	434

Рис. 14.5. Расчет общего количества автомобилей и общего пробега на маршрутах

Задача оптимизации транспортных маршрутов состоит в том, чтобы обеспечить минимально необходимый пробег автомобилей при обслуживании потребителей. Анализ исходной информации и рис. 14.5 показывает, что совокупный груженный пробег автомобилей оптимизировать невозможно, т. к. необходимое количество ездов, а также расстояния от склада до пунктов назначения строго зафиксированы договорными обязательствами. Следовательно, оптимизация маятниковых маршрутов возможна только за счет минимизации совокупного порожнего пробега. Это достигается одновременным учетом второго нулевого и холостого пробегов транспорта для соответствующих потребителей.

Кроме того, следует отметить, что при округлении показателя необходимого числа автомобилей по каждому потребителю в большую сторону (в нашем случае до 1) для обслуживания потребителей необходимо 3 автомобиля. При этом без округления, с учетом суммы дробных показателей, требуется 1,78 автомобиля. Таким образом, учитывая исходную информацию (двухсторонние договоры), предварительно принимается общее число автомобилей в минимально необходимом количестве (2 автомобиля). При этом оптимальное значение будет достигнуто обеспечением максимально полной загрузки автомобилей по времени в течение рабочего дня (восьмичасовой рабочей смены). Следует подчеркнуть, что в результате оптимизационных расчетов число N может остаться на прежнем уровне или сократиться.

4. Опираясь на вышеизложенное, следует рассчитать маршрут движения для двух автомобилей, работающих на маршруте.

Составим первую рабочую матрицу (рис. 14.6), где $(l_{2x} - l_{гр})$ – разница расстояний между вторым нулевым пробегом и груженной ездой, км.

	A	B	C	D	E	F
14						
15		Пункт назначения	Исходные данные			Оценка (разность расстояний)
16		П _ж	l_{2x}	n езд	$l_{гр}$	$l_{2x} - l_{гр}$
17		П1	20	4	18	2
18		П2	15	9	9	6
19		П3	9	8	5	4

Рис. 14.6. Первая рабочая матрица

Таким образом, для обслуживания потребителей необходимо совершить:

- в П1 – 4 ездки ($80 / 20 = 4$; в ячейку D17 записывается формула $=C4/C12$);
- в П2 – 8 ездов ($180 / 20 = 9$; в ячейку D18 записывается формула $=C5/C12$);
- в П3 – 9 ездов ($160 / 20 = 8$; в ячейку D19 записывается формула $=C6/C12$).

Оценкой является разность расстояний.

Ситуация 1. Для того чтобы определить маршрут движения каждого из автомобилей с учетом обеспечения минимизации совокупного порожнего пробега, необходимо определить последнюю груженую езду в конце рабочего дня при возвращении на АТП. В данном примере это пункт назначения П1, т. к. у П1 минимальная разность расстояний. Общее число автомобилей по обслуживанию потребителей П1, П2 и П3 равно двум (что в два раза меньше количества ездов, которое необходимо сделать в пункт назначения П1), поэтому на данном пункте будут оканчивать свою дневную работу оба автомобиля, осуществляя в пункт П1 по две груженые ездки. Поскольку в пункты назначения П2 и П3 необходимо сделать 9 и 8 ездов, очевидно, что каждый из автомобилей будет двигаться по собственному маршруту или один из них – по одному маршруту, а другой – по другому. Далее необходимо определить маршруты движения для каждого из автомобилей, работающих на маршруте.

1. Рассчитать маршрут движения **первого** автомобиля.

Для определения маршрута движения необходимо выбрать два пункта, имеющие минимальную и наибольшую оценку (разность расстояний). В данном случае это соответственно пункты П1 и П2.

Исходя из условия обеспечения минимизации совокупного порожнего пробега, необходимо, чтобы автомобиль, обслуживающий эти пункты назначения, начинал рабочую смену с пункта П2 и заканчивал пунктом П1.

Далее определяется, какое количество груженых ездов сможет сделать автомобиль в пункты назначения первого маршрута за восьмичасовой рабочий день.

Из представленных выше рассуждений следует, что в пункт назначения П1 будет сделано две груженые ездки. В этой связи остается определить, сколько ездов осуществит автомобиль в пункт П2. Для этого рассчитывается поминутное время работы первого автомобиля на маршруте:

– так как в начале рабочего дня каждый автомобиль проезжает расстояние от АТП до склада, то необходимо рассчитать время в пути на данное расстояние: $АТП \rightarrow С = 12 \text{ км} / 60 \text{ км/ч} \cdot 60 \text{ мин/ч} = 12 \text{ мин}$.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку С22 записывается выражение вида $=Н12/Д12*60$;

– с учетом того, что автомобиль начинает рабочую смену с пункта П2, необходимо знать время, затраченное на 1 езду в П2: $С \rightarrow П2 \rightarrow С = ((9 + 9) / 60) \cdot 60 + 20 = 38 \text{ мин}$.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку С25 записывается выражение вида $=(D5+D5)/D12*60+E12$;

– время, затраченное на 2 груженые ездки в пункт П1, рассчитывается с учетом времени движения на маршруте и времени, затраченного на погрузку-разгрузку: $С \rightarrow П1 \rightarrow С \rightarrow П1 = 18 \text{ км} \times 3 \text{ расст.} / 60 \text{ км/ч} \cdot 60 \text{ мин/ч} + 20 \text{ мин} \cdot 2 \text{ погр.-разгр.} = 94 \text{ мин}$.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку С26 записывается выражение вида $=D4*(C21*2-1)/D12*60+E12*2$;

– так как в конце рабочего дня первый автомобиль совершит последнюю груженую езду через пункт П1, то в поминутном времени работы следует учесть маршрут движения из П1 в АТП. Время работы на данном отрезке составит: $П1 \rightarrow АТП = 20 \text{ км} / 60 \text{ км/ч} \times 60 \text{ мин/ч} = 20 \text{ мин}$.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку С27 записывается выражение вида $=E4/D12*60$;

– исходя из того, что время работы в наряде составляет 480 мин ($8 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин/ч}$), время на обслуживание П1 – 94 мин, время на движение из АТП в С и из П1 в АТП – 12 и 20 мин соответственно,

необходимо рассчитать оставшееся время для обслуживания П2: $480 - 12 - 94 - 20 = 354 \text{ мин}$;

– так как время, оставшееся на обслуживание пункта П2, составляет 354 мин, а время на одну езду $С \rightarrow П2 \rightarrow С - 38 \text{ мин}$, то следует рассчитать количество возможных ездов в П2: $354 \text{ мин} / 38 \text{ мин} = 9,32 \text{ ездки}$, что составляет 9 ездов.

При расчете в Excel количества возможных ездов в П2 в ячейку С28 записывается выражение вида $=ОКРУГЛВНИЗ((G12*60-C22-C26-C27)/C25;0)$;

– с учетом того, что для доставки 180 т в П2 необходимо совершить 9 ездов, при этом за 354 мин автомобиль может совершить 9 ездов, будет правильным утверждать, что первый автомобиль полностью обслужит П2 (необходимое количество ездов в П2 равно расчетному значению – 9 ездов).

При расчете в Excel количества совершенных ездов в П2 в ячейку С29 записывается выражение вида $=МИН(D18;C28)$;

– следует определить окончательный маршрут движения первого автомобиля и протяженность этого маршрута. Исходя из расчетов и условия обеспечения минимизации совокупного порожнего пробега, маршрут движения первого автомобиля будет иметь следующий вид (рис. 14.7): $АТП \rightarrow (С \rightarrow П2 \rightarrow С) \cdot 9 \rightarrow П1 \rightarrow С \rightarrow П1 \rightarrow АТП$.

А его протяженность составит $12 + (9 \cdot 2) \cdot 9 + 18 + 18 + 18 + 20 = 248 \text{ км}$.

При расчете в Excel протяженности маршрута движения первого автомобиля в ячейку С30 записывается выражение вида $=Н12+С29*(D5*2)+(C21*2-1)*D4+E4$ (рис. 14.8).

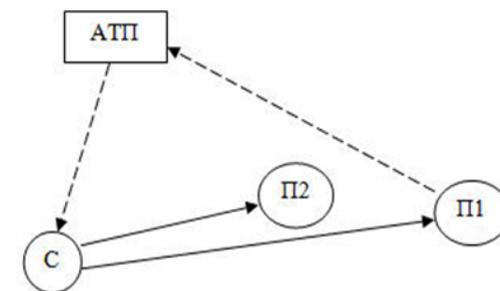


Рис. 14.7. Схема маршрута первого автомобиля по обслуживанию потребителей П2 и П1

	A	B	C	D	E
20					
21		Количество ездов в конечный пункт маршрута	2	=D17/ОКРУГЛВВЕРХ(Н7;0)	
22		АТП → С	12	=Н12/Д12*60	
23					
24		Маршрут движения первого автомобиля			
25		С → П2 → С	38	=((D5+D5)/D12)*60+E12	
26		С → П1 → С → П1	94	=D4*(С21*2-1)/D12*60+E12*2	
27		П1 → АПТ	20	=E4/D12*60	
28		Количество возможных ездов в П2	9	=ОКРУГЛВНИЗ((G12*60-С22-С26-С27)/С25;0)	
29		Количество ездов в П2	9	=МИН(D18;С28)	
30		Протяженность маршрута	248	=Н12+С29*(D5*2)+(С21*2-1)*D4+E4	

Рис. 14.8. Расчет поминутного времени работы на маршруте автомобиля 1

2. Рассчитать маршрут движения второго автомобиля.

Составляется вторая рабочая матрица с учетом работы, выполненной на первом маршруте. В пункт назначения П1 сделано 2 ездки, а в П2 – 9 ездов (рис. 14.9). Следовательно, при движении второго автомобиля обслуживанию будут подлежать П1 и П3. При этом в П1 автомобиль сделает 2 ездки (4 – 2 = 2), а в П3 – 8 ездов (8 – 0 = 8). В П2 второй автомобиль не сделает ни одной ездки, т. к. разница между необходимым количеством ездов и ездками, сделанными первым автомобилем, равна 0. Расчет данных значений занесен в соответствующие ячейки второй рабочей матрицы – J17, J18, J19 (рис. 14.9).

	Н	Г	Ж	К	Л
15	Пункт назначения	Исходные данные			Оценка (разность расстояний)
16	П _у	l_{2x}	n езд	$l_{гр}$	$l_{2x} - l_{гр}$
17	П1	20	2	9	2
18	П2	15	0	9	6
19	П3	9	8	5	4
20					

Рис. 14.9. Вторая рабочая матрица

Остается рассчитать время, затраченное на П3, и время, недоиспользованное на маршруте:

– так как в начале рабочего дня каждый автомобиль проезжает расстояние от АТП до склада, то необходимо рассчитать время в пути на данное расстояние: АТП → С = 12 км / 60 км/ч · 60 мин/ч = 12 мин.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку I22 записывается выражение вида =Н12/Д12*60;

– с учетом того, что автомобиль начинает рабочую смену с пункта П3, необходимо знать время, затраченное на 1 ездку в П3: С → П3 → С = ((5 + 5) / 60) · 60 + 20 = 30 мин.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку I25 записывается выражение вида =(D6+D6)/60*60+E12;

– время, затраченное на 2 грузовые ездки в пункт П1, рассчитывается с учетом времени движения по маршруту и времени, затраченного на погрузку-разгрузку: С → П1 → С → П1 = 18 км × 3 расст. / 60 км/ч · 60 мин/ч + 20 мин · 2 погр.-разгр. = 94 мин.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку I26 записывается выражение вида =D4*(I21*2-1)/D12*60+E12*2;

– так как в конце рабочего дня второй автомобиль совершит последнюю грузовую ездку через пункт П1, то в поминутном времени работы следует учесть маршрут движения из П1 в АТП. Время работы на данном отрезке составит: П1 → АТП = 20 км / 60 км/ч × 60 мин/ч = 20 мин.

При расчете в Excel данных затрат времени в ячейку I27 записывается выражение вида =E4/D12*60;

– исходя из того, что время работы в наряде составляет 480 мин (8 ч · 60 мин/ч), время на обслуживание П1 – 94 мин, время на движение из АТП в С и из П1 в АТП – 12 и 20 мин соответственно, необходимо рассчитать оставшееся время для обслуживания П3: 480 – 12 – 94 – 20 = 354 мин;

– так как время, оставшееся на обслуживание пункта П3, составляет 354 мин, а время на одну ездку С → П3 → С – 30 мин, то следует рассчитать количество возможных ездов в П2: 354 мин / 30 мин = 11,8 ездов, что составляет 11 ездов.

При расчете в Excel количества возможных ездов в П2 в ячейку I28 записывается выражение вида =ОКРУГЛВНИЗ((G12*60-D22-I26-I27)/I25;0);

– с учетом того, что для доставки 160 т в ПЗ необходимо совершить 8 ездов, а за 354 мин автомобиль может совершить 11 ездов, будет правильным утверждать, что первый автомобиль полностью обслужит ПЗ, совершив 8 ездов.

При расчете в Excel количества совершенных ездов в ПЗ в ячейку I29 записывается выражение вида =МИН(J19;I28);

– следует определить окончательный маршрут движения второго автомобиля и протяженность этого маршрута. Исходя из расчетов и условия обеспечения минимизации совокупного порожнего пробега, маршрут движения второго автомобиля будет иметь следующий вид (рис. 14.10): АТП → (С → ПЗ → С) × 8 → П1 → С → П1 → АТП.

А его протяженность составит $12 + (5 \cdot 2) \cdot 8 + 18 \cdot 3 + 20 = 166$ км.

При расчете в Excel протяженности маршрута движения второго автомобиля в ячейку I30 записывается выражение вида =H12+I29*(D6*2)+(D21*2-1)*D4+E4.

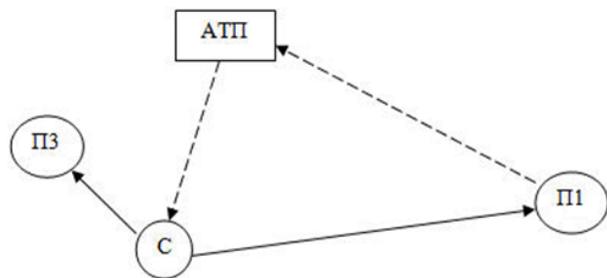


Рис. 14.10. Схема маршрута второго автомобиля по обслуживанию потребителей ПЗ и П1

Расчет поминутного времени работы на маршруте второго автомобиля представлен на рис. 14.11;

– необходимо рассчитать величину недоиспользования рабочей смены вторым автомобилем: $480 - 12 - 8 \cdot 30 - 94 - 20 = 114$ мин.

При расчете в Excel величины недоиспользования рабочей смены вторым автомобилем в ячейку I31 записывается выражение вида =G12*60-I22-I29*I25-I26-I27.

Составляется сводная маршрутная ведомость (табл. 14.1).

	Количество ездов в конечный пункт маршрута	2
21	АТП → С	12
22		
23	Маршрут движения второго автомобиля	
24	С → ПЗ → С	30
25	С → П1 → С → П1	94
26	П1 → АТП	20
27	Количество возможных ездов в ПЗ	11
28	Количество ездов в ПЗ	8
29	Протяженность маршрута, км	166
30	Недоиспользовано времени, мин	114
31		

Рис. 14.11. Расчет поминутного времени работы на маршруте второго автомобиля (ситуация 1)

Таблица 14.1

Сводная маршрутная ведомость (ситуация 1)

Последовательность маршрута	Количество автомобилей на маршруте	Длина маршрута, км
АТП → (С → П2 → С) · 9 → П1 → С → П1 → АТП	1	248
АТП → (С → ПЗ → С) · 8 → П1 → С → П1 → АТП	1	166

Анализ табл. 14.1 показывает, что в соответствии с проведенными оптимизационными расчетами совокупный дневной пробег двух автомобилей составляет 414 км, что на 20 км ($434 - (248 + 166) = 20$ км) меньше по сравнению с традиционным порядком обслуживания (до оптимизации).

Ситуация 2. При увеличении потребности П2 на 20 т может измениться общее количество автомобилей на маршруте. Но расчет показывает (рис. 14.12), что при оптимальном маршруте их минимально возможное количество составит, как и прежде, 2 автомобиля. Значит, оптимизация маршрута возможна лишь за счет протяженности самого маршрута.

Увеличение потребности приведет к пересчету основных показателей:

- минимально возможное количество автомобилей – 2;
- общий пробег при обслуживании потребителей – 452 км.

Увеличение по сравнению с исходным показателем составит 18 км (452 – 434 = 18 км). Также увеличится количество ездов в П2 на единицу (200 / 20 = 10 ездов при исходных 9 ездах) (рис. 14.12).

Принимая во внимание, что условия перевозки остались прежними при одновременном увеличении потребности покупателя П2, результат расчета по второй рабочей матрице выглядит по-иному (рис. 14.12). Второму автомобилю необходимо совершить 1 езду в П2, но при этом остается вопрос, успеет ли он за рабочую смену обслужить покупателя П3 – доставить ему 160 т груза. Необходимо рассчитать поминутное время работы второго автомобиля на маршруте с учетом 1 езды в П2 (рис. 14.13):

– добавить строку при расчете маршрута движения второго автомобиля и в ячейку I25 записать формулу для расчета затрат на 1 езду в П2: $=((D5+D5)/D12)*60+E12$. Время 1 езды в П2 составит 38 мин;

– внести изменения при расчете возможного количества ездов в П3 с учетом затрат времени на обслуживание П2, для чего в ячейке I29 записать формулу вида $=ОКРУГЛВНИЗ((G12*60-D22-I27-I28-I26-I25)/I26;0)$;

– с учетом совершения 1 езды в П2 произвести пересчет протяженности маршрута по формуле $=H12+D5*2+I30*(D6*2)+(I21*2-1)*D4+E4$;

– с учетом затрат времени на обслуживание П2 произвести пересчет неиспользованного вторым автомобилем времени (составит 76 мин) по следующей формуле: $=G12*60-I22-I30*I26-I27-I28-I25$.

Составляется сводная маршрутная ведомость (табл. 14.2).

Л	А	В	С	Д	Е	Г	Н	К	Л
1									
2	Потребитель	Потребность, т	Грузовая езда, км	Второй нулевой пробег, км			Количество автомобилей для обслуживания потребителей без округления	Пробег при обслуживании потребителей, км	
3	П1	80	18	20			с округлением	158	
4	П2	200	9	15			0,49583	1	
5	П3	160	5	9			0,52917	1	
6							0,53333	1	
7							1,86	3	
8							Всего	452	
9									
10							Время работы в парале, ч	Первый нулевой пробег, км	
11	Транспорт	20	60	20	0,3333333333	8		12	
12									
13									
14									
15	Пункт назначения	Исходные данные	Оценка (разность расстояний)	Исходные данные	Пункт назначения	Исходные данные	Оценка (разность расстояний)		
16	П1	I_{zk}	$n_{авт}$	$I_{гр}$	П1	I_{zk}	$n_{авт}$	$I_{гр}$	
17	П2	20	4	18	П2	20	2	18	
18	П3	15	10	9	П3	15	1	9	
19	П3	9	8	5	П3	9	8	5	
20									

Рис. 14.12. Расчет движения по маршрутам с учетом исходных данных

	н	l
21	Количество ездов в конечный пункт маршрута	2
22	АТП → С	12
23		
24	Маршрут движения второго автомобиля	
25	С → П2 → С	38
26	С → П3 → С	30
27	С → П1 → С → П1	94
28	П1 → АТП	20
29	Количество возможных ездов в П3	9
30	Количество ездов в П3	8
31	Протяженность маршрута, км	184
32	Недоиспользовано времени, мин	76

Рис. 14.13. Расчет поминутного времени работы на маршруте второго автомобиля (ситуация 2)

Таблица 14.2

Сводная маршрутная ведомость (ситуация 2)

Последовательность маршрута	Количество автомобилей на маршруте	Длина маршрута, км
АТП → (С → П2 → С) · 9 → П1 → С → П1 → АТП	1	248
АТП → С → П2 → (С → П3 → С) · 8 → П1 → С → П1 → АТП	1	184

Анализ табл. 14.2 показывает, что совокупный дневной пробег двух автомобилей в соответствии с проведенными оптимизационными расчетами составляет 432 км, что на 20 км (452 – (248 + 184)) = 20 км) меньше по сравнению с традиционным порядком обслуживания (до оптимизации).

При этом в связи с увеличением потребности в товаре у поставщика П2 на 20 т (180 т при ситуации 1 и 200 т при ситуации 2) протяженность пути автомобилей на маршрутах увеличится на 20 км (расчетное значение протяженности по ситуации 1 – 434 км, а по ситуации 2 – 452 км) и потери рабочего времени сократятся на 38 мин (недоиспользованное вторым автомобилем время при ситуации 1 – 114 мин, при ситуации 2 – 76 мин).

Задание для самостоятельной работы

В соответствии с заключенными договорами на оказание транспортных услуг автотранспортное предприятие (АТП) должно обеспечить доставку товаров трем потребителям – П1, П2 и П3, – потребности которых представлены в табл. 14.3.

Таблица 14.3

Вариант	Исходные данные		
	Потребности потребителей, т		
	П1	П2	П3
1	160	170	120
2	180	130	150
3	200	130	110
4	160	140	180
5	100	150	180
6	190	100	120
7	130	160	110
8	100	180	130
9	200	120	110
10	110	200	170

При этом оговорено, что доставка должна быть обеспечена независимо от времени рабочего дня. Расстояния (км) между АТП и потребителями, а также между потребителями и складом (С), откуда будет осуществляться доставка товаров, представлены на схеме (рис. 14.14).

Следует подчеркнуть, что если оптовая база имеет собственный подвижной состав автомобильного транспорта, то в данной ситуации время в наряде равно времени на маршруте.

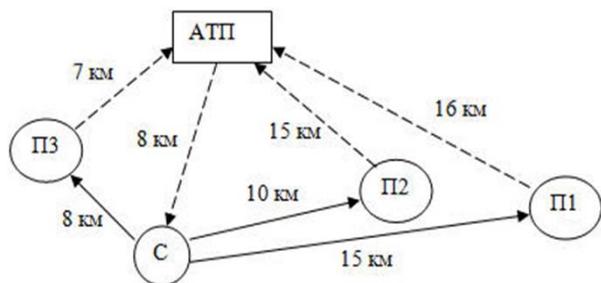


Рис. 14.14. Схема размещения потребителей, склада и АТП

Транспортировка груза в соответствии с договорами будет осуществляться автомобилями грузоподъемностью 20 т.

Время работы автомобилей в наряде – 8 ч, техническая скорость – 60 км/ч, а суммарное время под погрузкой-разгрузкой – 25 мин.

Решить задачу оптимизации транспортных маршрутов.

Контрольные вопросы

1. Какой маршрут называют маятниковым?
2. Какие виды маятниковых маршрутов существуют?
3. Что понимается под грузовой ездой автомобиля?
4. Что такое холостой пробег?
5. Как определяется техническая скорость автомобиля?
6. Как изменится маршрут движения автомобилей при обслуживании потребителей по сравнению с ситуацией 2 при условии, что их потребности составят соответственно 80, 170 и 160 т?
7. Как изменится маршрут движения автомобилей при обслуживании потребителей по сравнению с ситуацией 1 при условии, что их потребности составят соответственно 80, 190 и 150 т?

Практическая работа № 15

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЬЦЕВЫХ РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТОВ

Цель работы: оптимизировать кольцевые развозочные маршруты, обеспечивая минимально необходимый пробег автомобилей при обслуживании потребителей.

Теоретические сведения

Кольцевой маршрут – маршрут движения автомобиля по замкнутому контуру, соединяющему несколько потребителей (поставщиков).

Различают развозочные, сборные и сборно-развозочные кольцевые маршруты.

Развозочным маршрутом называется такой маршрут, при котором продукция загружается у одного поставщика и развозится нескольким потребителям.

Сборный маршрут – это маршрут движения, при котором продукция получается у нескольких поставщиков и доставляется одному потребителю.

Сборно-развозочный маршрут представляет собой сочетание первых двух.

Методы оптимизации кольцевых развозочных маршрутов:

- метод математического моделирования с использованием GPS-навигатора;
- графический метод оптимизации кольцевых маршрутов;
- комбинированный метод.

Анализ представленных выше методов оптимизации кольцевых развозочных маршрутов позволяет сделать следующие выводы и предложения:

1. Ни один из методов не дает гарантированно правильного (оптимального) решения производственных задач, когда нужно развезти товар в большое число (более 10–15) пунктов назначения, когда хорошо развита дорожная инфраструктура и когда потребности отдельных пунктов назначения таковы, что для полного их обслуживания необходимо, чтобы через них проходило несколько транспортных средств.

Таблица 15.1

Потребности заказчиков в овощах и фруктах

Пункт назначения	Потребность, кг	Пункт назначения	Потребность, кг	Пункт назначения	Потребность, кг
M1	290	M6	310	M11	240
M2	240	M7	230	M12	230
M3	210	M8	210	M13	350
M4	270	M9	280	M14	300
M5	220	M10	340	M15	250

2. Метод математического моделирования в большинстве случаев позволяет получить оптимальный результат, если число пунктов назначения не превышает 10. При этом его необходимо применять, если грузоподъемность (вместимость) автомобиля позволяет удовлетворить потребности всех пунктов назначения (независимо от их числа) за один оборот.

3. При решении задач оптимизации кольцевых маршрутов с большим числом пунктов назначения (более 15) и хорошо развитой дорожной инфраструктурой предпочтение следует отдавать комбинированному методу, т. к. он лишен недостатков графического метода.

4. С целью снижения трудоемкости оптимизации кольцевых маршрутов необходимо активно внедрять в практику хозяйственной деятельности GPS-навигаторы.

Решение подобных задач рассмотрим на следующем примере развозки товаров.

Задача. В соответствии с заказами потребителей городская продовольственная база обязуется обеспечить доставку продуктов согласно схеме, представленной на рис. 15.1. Известно, что удовлетворение потребностей соответствующих потребителей, которые отражены в табл. 15.1, будет осуществляться посредством автотранспорта грузоподъемностью 1 т. Требуется найти m замкнутых путей $l_1, l_2, \dots, l_k, \dots, l_m$ из единственной общей точки С, чтобы выполнялось данное условие.

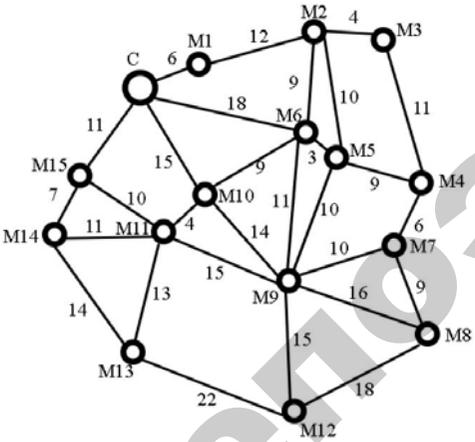


Рис. 15.1. Схема размещения автотранспортного предприятия

Методические рекомендации

1. Строится кратчайшая сеть, связывающая товарную базу и все пункты назначения без замкнутых контуров, начиная с пункта, который отстоит на минимальное расстояние от товарной базы (в нашем случае это пункт M1, рис. 15.2). Далее сеть строится таким образом, чтобы совокупный путь, соединяющий все пункты назначения и товарную базу (овощную базу С), был минимальным.

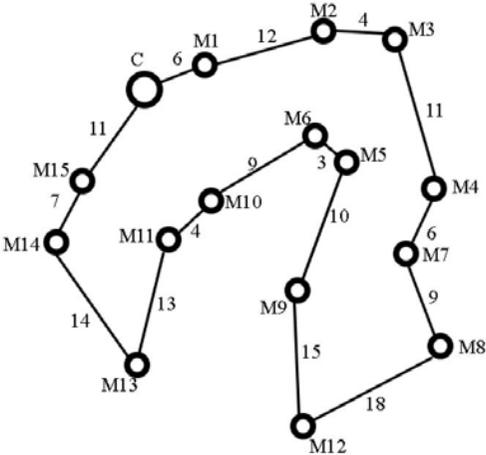


Рис. 15.2. Схема размещения автотранспортного предприятия

2. По каждой ветви сети, начиная с пункта, наиболее удаленного от товарной базы С (пункт M15, рис. 15.2), группируются на маршрутах пункты с учетом количества ввозимого груза и грузоподъ-

емности (вместимости) развозочного автотранспорта. При этом сумма грузов по группируемым пунктам маршрута должна быть равной грузоподъемности автомобиля или немного меньше нее, а общее число автомобилей – минимально необходимым (табл. 15.2).

Таблица 15.2

Предварительные маршруты объезда пунктов назначения

Маршрут	Пункты назначения	Потребность в продукции, кг	
		Необходимость, кг	С нарастающим итогом, кг
1	M15	250	250
	M14	300	550
	M13	350	900
	M11	100	1000
2	M11	140	140
	M10	340	480
	M6	310	790
	M5	210	1000
3	M5	10	10
	M9	280	290
	M12	230	520
	M8	210	730
	M7	230	960
	M4	40	1000
4	M4	230	230
	M3	210	440
	M2	240	680
	M1	290	970

3. Определяется рациональный порядок объезда пунктов каждого маршрута (на примере предварительного маршрута № 1). Для этого строится таблица-матрица, в которой по диагонали размещаются пункты, включаемые в маршрут, и начальный пункт С, а в соответствующих клетках – кратчайшее расстояние между ними согласно рис. 15.1 (табл. 15.3).

Таблица 15.3

Таблица-матрица предварительного маршрута № 1

	С	11	18	32	19
1	11	M15	7	21	10
2	18	7	M14	14	11
3	32	21	14	M13	13
4	19	10	11	13	M11
Сумма	80	49	50	80	53

Строится начальный маршрут для трех пунктов матрицы, имеющих наибольшие суммы, показанных в соответствующей строке (80; 80; 53), т. е. пункты С, M13, M11.

Для включения оставшихся пунктов из них выбирается пункт, имеющий наибольшую сумму, – M14 (сумма 50). И определяется, между какими парами пунктов его следует вставить: С и M13; M13 и M11; M11 и С. Чтобы это решить, для каждой пары пунктов необходимо найти размер приращения маршрута по следующей формуле:

$$\Delta = C_{ki} + C_{ip} - C_{kp}, \quad (51)$$

где C – расстояние, км;

i – индекс включаемого пункта;

k – индекс первого пункта из пары;

p – индекс второго пункта из пары.

При вставке пункта M14 между первой парой пунктов С и M13 определяется размер приращения Δ_{CM13} при условии, что i – M14, k – С, p – M13. Получается: $\Delta_{CM13} = C_{CM14} + C_{M14M13} - C_{CM13} = 18 + 14 - 32 = 0$ км.

Так как $\Delta_{CM13} = 0 \rightarrow \min$, следовательно, пункт M14 должен располагаться между пунктами С и M13 ($C \rightarrow M14 \rightarrow M13 \rightarrow M11 \rightarrow C$).

Далее следует включить пункт M15 между парами С и M14; M14 и M13; M13 и M11; M11 и С. Для этого необходимо рассчитать приращение для каждой из пар.

При включении пункта M15 между первой парой пунктов С и M14 определяется размер приращения Δ_{CM14} при условии, что i – M15, k – С, p – M14. Получается: $\Delta_{CM14} = C_{CM15} + C_{M15M14} - C_{CM14} = 11 + 7 - 18 = 0$ км.

Так как $\Delta C_{M14} = 0 \rightarrow \min$, следовательно, пункт М15 должен располагаться между пунктами С и М14 ($C \rightarrow \mathbf{M15} \rightarrow \mathbf{M14} \rightarrow \mathbf{M13} \rightarrow \mathbf{M11} \rightarrow C$).

Движение по полученному кольцевому маршруту можно осуществлять в двух направлениях: начиная обслуживание с пункта М15 или с пункта М11. Пути движения в обоих направлениях будут равны между собой (64 км), однако различными будут транспортные работы:

– транспортная работа для направления движения с начальным пунктом М15 будет равна 23,85 т-км ($11 \text{ км} \cdot 1000 \text{ кг} + 7 \text{ км} \cdot 750 \text{ кг} + 14 \text{ км} \cdot 450 \text{ кг} + 13 \text{ км} \cdot 100 \text{ кг} = 23\,850 \text{ кг/км} = 23,85 \text{ т-км}$);

– для направления движения с начальным пунктом М11 – соответственно 20,5 т-км ($13 \cdot 1000 + 14 \cdot 900 + 7 \cdot 550 + 11 \cdot 250 = 20\,500 \text{ кг/км} = 20,5 \text{ т-км}$).

Вывод: более рациональным будет направление движения по маршруту $C \rightarrow \mathbf{M11} \rightarrow \mathbf{M13} \rightarrow \mathbf{M14} \rightarrow \mathbf{M15} \rightarrow C$, т. к. при этом будет проделана меньшая транспортная работа.

4. Определяется рациональный порядок объезда пунктов каждого маршрута (на примере предварительного маршрута № 2) (табл. 15.4).

Таблица 15.4

Таблица-матрица предварительного маршрута № 2

	С	19	15	18	21
1	19	М11	4	13	16
2	15	4	М10	9	12
3	18	13	9	М6	3
4	21	16	12	3	М5
Сумма	69	52	40	43	52

Строится начальный маршрут для трех пунктов матрицы, имеющих наибольшие суммы, показанные в соответствующей строке (69; 52; 52), т. е. пункты С, М11, М5.

Для включения оставшихся пунктов из них выбирается пункт, имеющий наибольшую сумму, – М6 (сумма 43). Определяется, между какими парами пунктов его следует вставить: С и М11; М11 и М5; М5 и С.

При включении пункта М6 между первой парой пунктов С и М11 определяется размер приращения ΔC_{M11} при условии, что $i - M6$, $k - C$, $p - M11$. Получается: $\Delta C_{M11} = C_{CM6} + C_{M6M11} - C_{CM11} = 18 + 13 - 19 = 12 \text{ км}$.

При включении пункта М6 между второй парой пунктов М11 и М5 определяется размер приращения $\Delta M11M5$ при условии, что $i - M6$, $k - M11$, $p - M5$. Получается: $\Delta M11M5 = C_{M11M6} + C_{M6M5} - C_{M11M5} = 13 + 3 - 16 = 0 \text{ км}$.

Так как $\Delta M11M5 = 0 \rightarrow \min$, следовательно, пункт М6 должен располагаться между пунктами М11 и М5 ($C \rightarrow \mathbf{M11} \rightarrow \mathbf{M6} \rightarrow \mathbf{M5} \rightarrow C$).

Далее следует включить пункт М10 между пар С и М11; М11 и М6; М6 и М5; М5 и С. Для этого необходимо рассчитать приращение для каждой из пар.

При включении пункта М10 между первой парой пунктов С и М11 определяется размер приращения ΔC_{M11} при условии, что $i - M10$, $k - C$, $p - M11$. Получается: $\Delta C_{M11} = C_{CM10} + C_{M10M11} - C_{CM11} = 15 + 4 - 19 = 0 \text{ км}$.

Так как $\Delta C_{M11} = 0 \rightarrow \min$, следовательно, пункт М10 должен располагаться между пунктами С и М11 ($C \rightarrow \mathbf{M10} \rightarrow \mathbf{M11} \rightarrow \mathbf{M6} \rightarrow \mathbf{M5} \rightarrow C$).

Движение по полученному кольцевому маршруту можно осуществлять в двух направлениях: начиная обслуживание с пункта М10 или с пункта М5. Пути движения в обоих направлениях будут равны между собой (56 км), однако различными будут транспортные работы:

– транспортная работа для направления движения с начальным пунктом М10 будет равна 25,03 т-км ($15 \cdot 1000 + 4 \cdot 660 + 13 \cdot 520 + 3 \cdot 210 = 25\,030 \text{ кг/км} = 25,03 \text{ т-км}$);

– для направления движения с начальным пунктом М5 – соответственно 30,97 т-км ($21 \cdot 1000 + 3 \cdot 790 + 13 \cdot 480 + 4 \cdot 340 = 30\,970 \text{ кг/км} = 30,97 \text{ т-км}$).

Вывод: более рациональным будет направление движения по маршруту $C \rightarrow \mathbf{M10} \rightarrow \mathbf{M11} \rightarrow \mathbf{M6} \rightarrow \mathbf{M5} \rightarrow C$, т. к. при этом будет проделана меньшая транспортная работа.

5. Аналогичным образом рассчитываются маршруты движения № 3 и № 4.

6. Составляется сводная маршрутная ведомость (табл. 15.5).

Таким образом, совокупный пробег на четырех маршрутах в соответствии с оптимизационными расчетами, проведенными согласно методу математического моделирования, составляет 290 км.

Таблица 15.5

Сводная маршрутная ведомость

Маршрут	Протяженность, км
С → М11 → М13 → М14 → М15 → С	64
С → М10 → М11 → М6 → М5 → С	56
С → М9 → М12 → М8 → М7 → М4 → М8 → С	107
С → М4 → М3 → М2 → М1 → С	63

Задание для самостоятельной работы

Выполнить оптимизацию кольцевого маршрута в соответствии с вариантом задания, используя метод математического моделирования и комбинированный метод.

Значения потребностей соответствующих пунктов назначения представлены в табл. 15.6.

Таблица 15.6

Потребности пунктов назначения

Пункт назначения	Потребность в продукции, кг	Пункт назначения	Потребность в продукции, кг
Б	375	М	280
В	500	Н	340
Г	500	О	375
Д	300	П	425
Е	425	Р	615
Ж	525	С	235
З	575	Т	480
И	675	Х	940
К	125	Ю	170
Л	240	Я	350

Автопарк товарной базы включает транспортные средства грузоподъемностью 1 т, 1,5 т и 2,0 т.

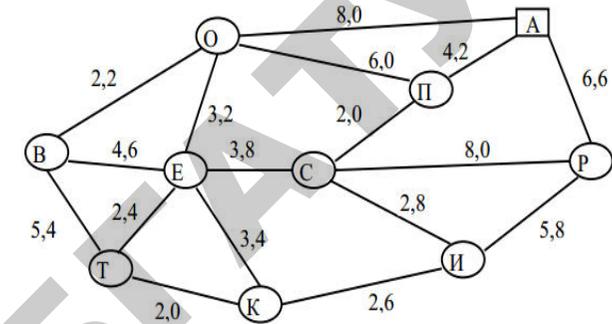


Рис. 15.3. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 1)

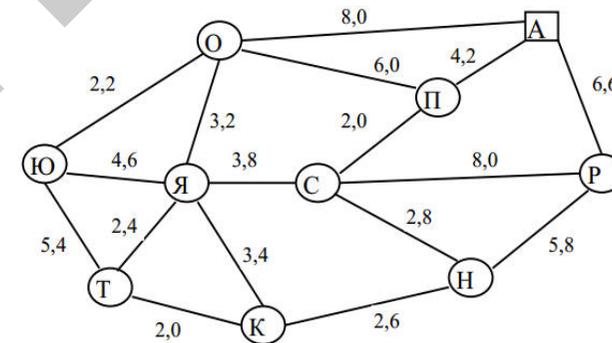


Рис. 15.4. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 2)

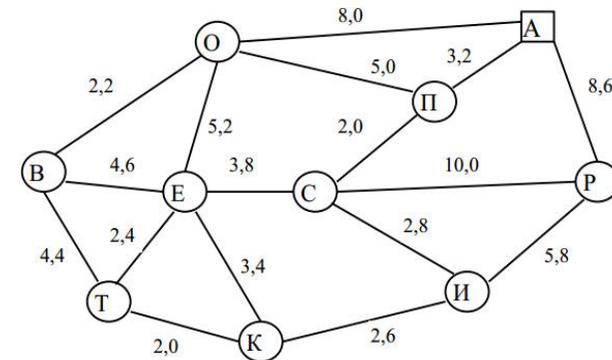


Рис. 15.5. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 3)

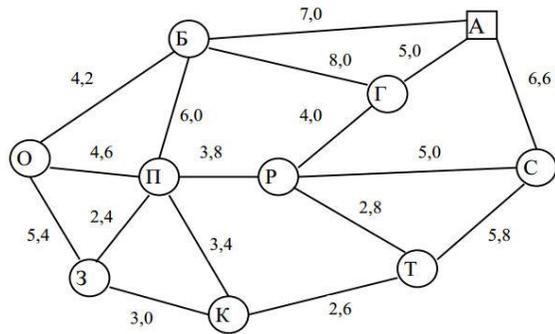


Рис. 15.6. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 4)

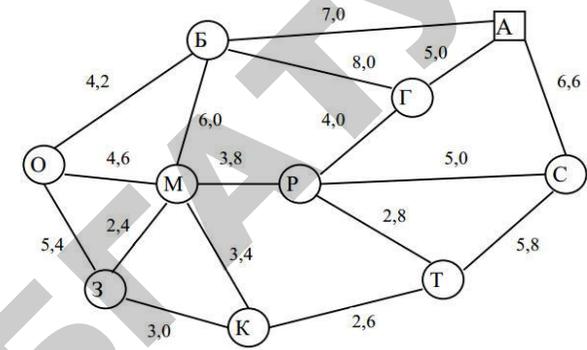


Рис. 15.9. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 7)

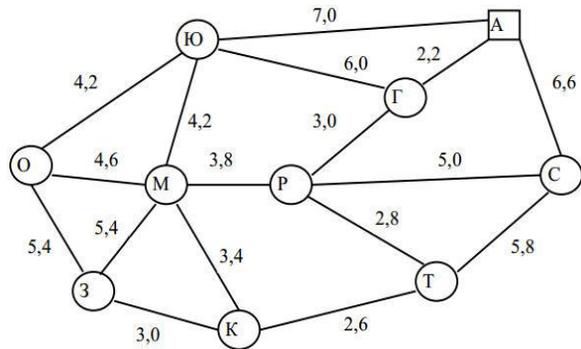


Рис. 15.7. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 5)

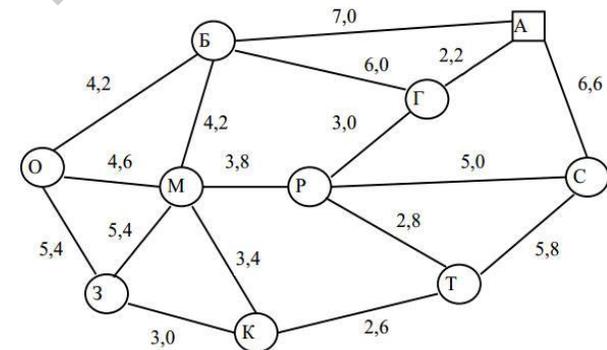


Рис. 15.10. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 8)

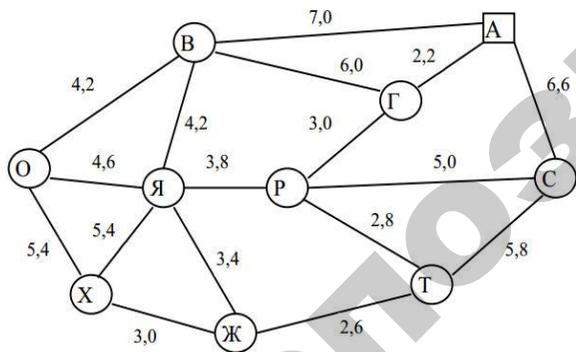


Рис. 15.8. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 6)

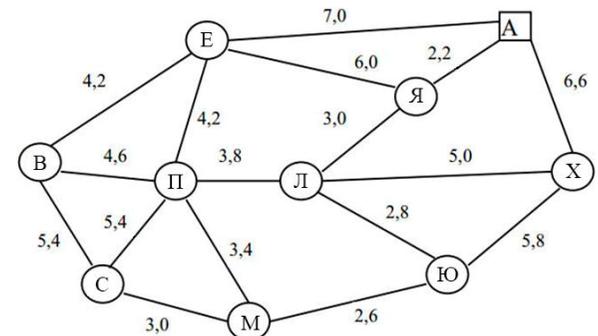


Рис. 15.11. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 9)

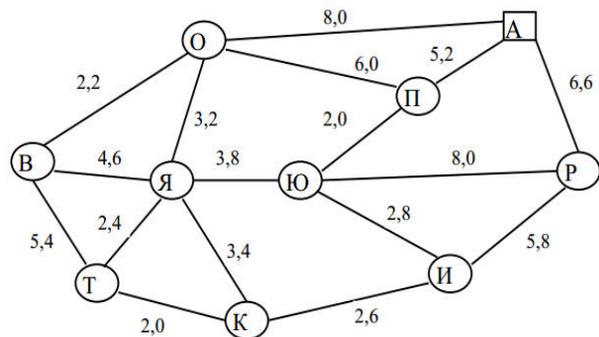


Рис. 15.12. Схема размещения автотранспортного предприятия и пунктов назначения (вариант 10)

Контрольные вопросы

1. Какой маршрут называют кольцевым?
2. Какие различают кольцевые маршруты?
3. Какие маршруты называются развозочными?
4. Что понимают под сборным маршрутом?
5. Какие существуют методы оптимизации кольцевых маршрутов?

Практическая работа № 16

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СООТНОШЕНИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ВЕРОЯТНОСТНОМ ХАРАКТЕРЕ ПРИБЫТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы: определить оптимальное число погрузчиков, необходимое для загрузки автомобилей, обосновать мероприятия, которые позволили бы повысить эффективность работы.

Теоретические сведения

К важнейшим характеристикам систем массового обслуживания (СМО) относятся:

λ – среднее число требований, поступающих на обслуживание в единицу времени (интенсивность входящего потока);

S – число обслуживающих приборов;

μ – среднее число требований, обслуживаемых одним прибором в единицу времени (интенсивность обслуживания);

k – число требований, поступающих на обслуживание за период t ;

n – среднее число требований, ожидающих обслуживания в очереди;

m – среднее число свободных приборов;

$\varphi = \frac{\lambda}{\mu S}$ – суммарная загрузка системы (при значении больше 1

очередь растет неограниченно, т. к. интенсивность входящего потока требований на обслуживание выше общей интенсивности обслуживания; установившегося режима в системе не существует, и такой вариант отвергается).

Очевидно, что очередей прибывающих машин можно избежать, используя достаточно большое число обслуживающих приборов (погрузочно-разгрузочных машин). Но каждый дополнительный прибор требует определенных затрат, и из соображений экономии небольшая очередь может быть оправдана.

Предположим, C_1 – убытки от простоя в ожидании обслуживания одного требования в единицу времени и C_2 – убытки от простоя одного обслуживающего прибора. Тогда функция суммарных потерь как некоторый критерий оптимальности СМО определяется из выражения

$$C(S) = C_1n + C_2m \rightarrow \min, \quad (52)$$

где C_1n – стоимость убытков от простоя требований в очереди;

C_2m – стоимость убытков от недогрузки приборов.

Во-первых, минимум выражения (52) может быть найден путем непосредственного сравнения значений функции нескольких целочисленных значений аргумента S .

Во-вторых, ввиду большой сложности реальных ситуаций при построении экономико-математической модели массового обслуживания многими факторами приходится пренебрегать, так что полученное решение может оказаться лишь приближенно оптимальным.

Фундаментальная роль вероятностных суждений объясняется тем, что в теории массового обслуживания моделируются лишь те процессы, для которых моменты поступления требований и (или) продолжительность обслуживания этих требований – случайные величины.

Математический аппарат теории содержит наиболее простые выкладки при условии распределения вероятностей поступления числа требований на обслуживание по закону Пуассона, а времени обслуживания – по показательному закону:

$$P(k) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad \lambda > 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots; \quad (53)$$

$$P(\tau < t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad \mu > 0, \quad 0 \leq t < \infty. \quad (54)$$

Функциональные характеристики СМО рассчитываются по следующим зависимостям:

$$m = (1 - \varphi)S; \quad (55)$$

$$n = \frac{S^S \varphi^{S+1}}{S!(1 - \varphi)^2} P_0; \quad (56)$$

$$P_0 = \left(\frac{S^S \varphi^S}{S!(1 - \varphi)} + \sum_{k=1}^{S-1} \frac{S^k \varphi^k}{k} \right)^{-1}. \quad (57)$$

Легко заметить, что в зависимостях (55), (56), (57) в качестве аргументов выступают два взаимосвязанных параметра φ и S , различные значения которых и определяют в итоге критерий экономичности системы, т. к. стоимостные показатели C_1 и C_2 формируются, как правило, вне системы.

Задача. Обосновать оптимальное число погрузчиков, необходимое для загрузки автомобилей, прибывающих на склад (базу), по следующим данным:

– стоимость простоя автомобиля $C_1 = 6,2$ руб./ч;

– стоимость простоя погрузчика $C_2 = 4,1$ руб./ч;

– среднее время, затрачиваемое на загрузку автомобиля, $t = 0,45$ ч.

Интенсивность прибытия автомобилей на базу характеризуется данными, представленными в табл. 16.1.

Таблица 16.1

Интенсивность прибытия автомобилей на базу

Число прибывающих автомобилей	1	2	3	4	5	6	7
Наблюдаемая частота прибытия, f	6	13	13	39	23	4	2

Методические рекомендации

1. На листе Excel необходимо внести в таблицу исходные данные (рис. 16.1).

	A	B
1	Число прибывающих автомобилей n	Наблюдаемая частота прибытия f
2	1	6
3	2	13
4	3	13
5	4	39
6	5	23
7	6	4
8	7	2
9	Стоимость простоя автомобиля C_1	6,2
10	Стоимость простоя погрузчика C_2	4,1
11	Среднее время на погрузку автомобиля t	0,45

Рис. 16.1. Исходные данные

2. Расчет средней интенсивности прибытия автомобилей производится по формуле

$$\lambda_{\text{cp}} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i f_i}{\sum f_i}. \quad (58)$$

В выражение (63) подставляются исходные данные:

$$\lambda_{cp} = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 13 + 4 \cdot 39 + 5 \cdot 23 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 2}{100} = \frac{380}{100} = 3,8 \text{ авт./ч.}$$

Расчет интенсивности прибытия представлен в ячейке B12 как выражение =СУММПРОИЗВ(A2:A8;B2:B8)/СУММ(B2:B8).

3. Необходимо определить среднее число автомобилей, загружаемых за 1 ч одним погрузчиком (интенсивность обслуживания), по формуле

$$\mu = \frac{1}{t}. \quad (59)$$

Данный показатель равен 2,22 и рассчитан в ячейке B13 при помощи выражения =1/B11.

Результаты расчета по п. 2–3 представлены на рис. 16.2.

	A	B	C	D	E	F	G
12	Средняя интенсивность прибытия λ_{cp}	3,80	=СУММПРОИЗВ(A2:A8;B2:B8)/СУММ(B2:B8)				
13	Среднее число автомобилей μ	2,22	=1/B11				

Рис. 16.2. Результаты расчета по п. 2–3

4. По выражению (60) необходимо определить суммарную загрузку системы для различного числа погрузчиков S :

$$\varphi = \frac{\lambda}{\mu S}. \quad (60)$$

Например, для двух погрузчиков суммарная загрузка составляет $3,8 / (2,2 \cdot 2) = 0,86$. Данный показатель рассчитан в ячейке B16 при помощи выражения =B\$12/(\$B\$13*B15). Аналогичным образом необходимо рассчитать суммарную загрузку при 3, 4, 5 погрузчиках. Результаты расчета представлены на рис. 16.3.

	A	B	C	D	E	F
15	Число погрузчиков S	2	3	4	5	5
16	Суммарная загрузка φ	0,86	0,57	0,43	0,34	0,34

Рис. 16.3. Результаты расчета суммарной загрузки погрузчиков

5. По формуле (55) необходимо определить число незанятых погрузчиков. Например, для двух погрузчиков это число составляет

$(1 - 0,86) \cdot 2 = 0,29$. Данный показатель рассчитан в ячейке B17 при помощи выражения =(1-B16)*B15. Аналогичным образом необходимо рассчитать число незанятых погрузчиков при 3, 4, 5 погрузчиках.

6. Рассчитать вероятность простоя системы по формуле (61):

$$P_{0,2} = \left[\frac{S^S \varphi^S}{S!(1-\varphi)} + S\varphi \right]^{-1}. \quad (61)$$

Например, для двух погрузчиков вероятность составляет:

$$P_{0,2} = \left[\frac{2^2 \cdot 0,86^2}{2!(1-0,86)} + 2 \cdot 0,86 \right]^{-1} = 0,085.$$

Данный показатель рассчитан в ячейке B18 при помощи выражения =(B15^B15*B16^B15/(ФАКТР(B15)*(1-B16))+B15*B16)^(-1). Аналогичным образом необходимо рассчитать вероятность простоя системы при 3, 4, 5 погрузчиках.

Результаты расчета по п. 5–6 представлены на рис. 16.4.

	A	B	C	D	E	F	G
15	Число погрузчиков S	2	3	4	5		
16	Суммарная загрузка φ	0,86	=1-B16)*B15	0,43	0,34		
17	Число незанятых погрузчиков m	0,29	1,29	2,29	3,29		
18	Вероятность простоя системы P_0	0,085	0,196	0,216	0,220		

Рис. 16.4. Результаты расчета числа незанятых погрузчиков и вероятности простоя системы

7. С учетом полученных значений вероятности простоя системы по формуле (56) определить среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа.

Например, для двух погрузчиков среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа, составляет 5,04. Данный показатель рассчитан в ячейке B19 при помощи выражения =B15^B15*B16^(B15+1)/(ФАКТР(B15)*(1-B16)^2)*B18.

Аналогичным образом необходимо рассчитать среднее число автомобилей, ожидающих обслуживания в течение часа, при 3, 4, 5 погрузчиках.

8. Используя исходные данные (рис. 16.1) и результаты предшествующих вычислений, по формуле (52) необходимо определить суммарные часовые потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей, руб./ч.

Например, для двух погрузчиков суммарные часовые потери средств от простоев составляют $6,2 \cdot 5,04 + 4,1 \cdot 0,29 = 32,45$. Данный показатель рассчитан в ячейке B20 при помощи выражения $=B\$9*B19+B\$10*B17$.

Аналогичным образом необходимо рассчитать суммарные часовые потери при 3, 4, 5 погрузчиках. Результаты расчета представлены на рис. 16.5.

	A	B	C	D	E	F	G	
17	Число незанятых погрузчиков m	0,29	1,29	2,29	3,29			
18	Вероятность простоя системы P_0	0,085	0,196	0,216	0,220			
19	Число ожидающих автомобилей n	5,04	0,50	0,10	0,02			
20	Часовые потери средств	32,45	8,41	10,01	13,62			
21		=B15^B15*B16^(B15+1)/(ФАКТР(B15)*(1-B16)^2)*B18						
22		=B\$9*B19+B\$10*B17						

Рис. 16.5. Суммарные часовые потери средств от простоев погрузчиков и автомобилей

Далее необходимо проанализировать полученные данные и сделать заключение об оптимальном числе погрузчиков, необходимом для обслуживания пунктов погрузки, обосновать мероприятия, которые позволили бы повысить эффективность работы пункта.

Задание для самостоятельной работы

Обосновать оптимальное число погрузчиков, необходимое для загрузки автомобилей, прибывающих на склад, по данным табл. 16.2.

Таблица 16.2

Частота прибытия автомобилей в пункт загрузки f_i ($\sum f_i = 100$)

Вариант	Число автомобилей, прибывающих за 1 ч, λ							C_1^*	C_2^{**}	t^{***}
	1	2	3	4	5	6	7			
1	8	10	15	40	20	5	2	6,80	3,20	0,52
2	7	11	14	39	21	7	1	6,78	3,30	0,45
3	7	14	13	38	22	4	2	6,76	3,40	0,40
4	5	16	14	37	23	4	1	6,74	3,50	0,45

Вариант	Число автомобилей, прибывающих за 1 ч, λ							C_1^*	C_2^{**}	t^{***}
	1	2	3	4	5	6	7			
5	7	12	15	36	24	4	2	6,72	3,60	0,52
6	6	14	14	35	25	3	3	6,70	3,70	0,45
7	6	14	13	34	26	3	4	6,66	3,80	0,40
8	7	15	15	33	27	3	1	6,64	3,90	0,45
9	8	15	14	34	26	2	1	6,62	4,00	0,52
10	6	16	15	35	25	2	1	6,60	4,10	0,45
11	6	13	16	36	24	3	2	6,58	4,20	0,40
12	6	14	17	37	23	2	1	6,56	4,10	0,45

*Стоимость простоя автомобиля, руб./ч.

**Стоимость простоя погрузчика, руб./ч.

***Среднее время на погрузку автомобиля, ч.

Контрольные вопросы

1. Назовите важнейшие характеристики систем массового обслуживания.
2. Как рассчитывается суммарная загрузка системы?
3. Назовите функциональные характеристики систем массового обслуживания.
4. Как производится расчет средней интенсивности прибытия автомобилей?
5. Как определить вероятность простоя системы?

Практическая работа № 17

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В ЛОГИСТИКЕ

Цель работы: проанализировать структуру информационных систем в логистике Республики Беларусь.

Теоретические сведения

Информационная логистическая система – гибкая структура, состоящая из персонала, производственных объектов, средств вычислительной техники, необходимых справочников, компьютерных программ, различных интерфейсов и процедур (технологий), объединенных связанной информацией, используемой в управлении организацией для планирования, контроля, анализа и регулирования логистической системы.

Информационная логистика – область логистики организации, изучающая и решающая проблемы организации и интеграции информационных потоков для принятия управленческих решений в логистических системах. Информационная логистика организует поток данных, сопровождающий материальный поток (МП), занимается созданием и управлением информационными системами (ИС), внедрением информационных технологий (ИТ), которые технически и программно обеспечивают передачу и обработку логистической информации.

Логистический информационный поток – это системная совокупность сообщений, циркулирующих в логистической системе, между ней и внешней средой, необходимых для управления логистическими операциями и их контроля. Информационный поток может существовать в виде бумажных и электронных документов.

Информационные технологии – совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, объединенных в технологическую цепочку, обеспечивающую сбор, хранение, обработку, вывод и распространение информации для снижения трудоемкости процессов использования информационных ресурсов, повышения надежности и оперативности работы с ними. Необходимо рассмотреть основные направления развития информационных технологий.

Интернет-технологии: поисковые системы (Google, Rambler, Yahoo), информационные серверы (Web-сервер ИКС МИР), интер-

активные магазины, браузеры (browsers) – программы, позволяющие находить и просматривать гипертекстовые документы, помещенные в сеть, на компьютере пользователя (Internet Explorer, Opera, Google Chrome, Safari), почтовые программы, программы для общения (ICQ, iPhone) и др.

Технология электронного обмена данными (EDI – Electronic Data Interchange) позволяет автоматизировать создание, отправку, получение и обработку любых электронных документов и интегрировать их с действующими бизнес-приложениями.

Электронная цифровая подпись (ЭЦП) – реквизит электронного документа, предназначенный для защиты данного электронного документа от подделки, позволяющий идентифицировать владельца сертификата ключа подписи и установить отсутствие искажения информации в электронном документе.

Маркировка – нанесение знаков, надписей и рисунков на товар или тару для их опознания и указания способов перевозки, обработки и хранения в целях повышения эффективности товародвижения продукции, обеспечения ее безопасности, качества, соответствия стандартам и международным нормам, а также более эффективного контроля ее состояния на всех стадиях логистической цепи.

Технологии бесконтактной идентификации – технические средства, организационные мероприятия, последовательность действий, обеспечивающие распознавание и регистрацию объектов и прав, ввод этой информации в компьютер без использования клавиатуры в режиме реального времени.

Технологии штрихового кодирования – для эффективного учета движения материальных ценностей каждому товару присваивают уникальный код и обеспечивают его быстрое считывание при минимальных ошибках.

Технологии радиочастотной идентификации (RFID-технологии, Radio Frequency Identification) – микросхема RFID передает информацию в радиодиапазоне на устройство считывания или сканер.

Задание для самостоятельной работы

Используя информационно-поисковые системы Internet и литературные источники, изучить информационные ресурсы Республики Беларусь, стандарты в области информационных потоков в логистике, основные направления развития ИТ и на основании

полученной информации составить отчет по своему варианту в текстовом редакторе MS Word и презентацию в PowerPoint.

Отчет должен иметь следующую структуру:

– **название** «Отчет по практической работе “Информационные системы и технологии в логистике” студента ФИО, группа, курс, факультет»;

– **текст, выполненный в MS Word** (не менее 10 страниц, шрифт Times New Roman, 14 пт, межстрочный интервал одинарный);

– **презентация PowerPoint** (не менее 10 слайдов, включая рисунки, схемы и другой графический материал);

– **список литературы** (не менее 10 источников).

Варианты

Вариант 1. Информационные ресурсы Республики Беларусь в логистике.

Указать названия информационных ресурсов и их электронные адреса, кратко описать информацию, относящуюся к логистике.

Вариант 2. Государственные программы и нормативные акты в логистике.

Указать названия государственных программ, адреса электронных ресурсов, на которых размещены тексты программ, описать их цели и задачи.

Вариант 3. Структура информационного обеспечения в логистике.

Представить структуру информационного обеспечения в области логистики с кратким описанием и примерами.

Вариант 4. Информационные потоки в логистике.

Указать виды информационных потоков в логистике с примерами. Ознакомиться со стандартами в области информационных потоков в логистике (например, Международный стандарт электронной передачи и обработки информационных логистических потоков EDIFACT, <http://www.customs-union.com/> и др.), дать их краткое описание.

Вариант 5. Основные направления развития ИТ в логистике.

Представить основные направления развития ИТ в логистике, дать их краткое описание, привести примеры развития логистики.

Вариант 6. Тенденции и перспективы развития логистики в Республике Беларусь.

Описать развитие логистики в стране и определить, на каком этапе находится логистика в Республике Беларусь. Указать рейтинг Республики Беларусь по индексу эффективности логистики.

Вариант 7. Правовые основы логистической деятельности в Республике Беларусь.

Рассмотреть государственные стандарты и нормативные правовые акты в логистике.

Вариант 8. Инсорсинг и аутсорсинг в логистике.

Дать определения этим понятиям. Оценить перспективы развития мирового рынка логистического аутсорсинга.

Вариант 9. Создание службы логистики на предприятии.

Обосновать создание службы логистики на предприятии, нарисовать организационную структуру, расписать функции.

Вариант 10. Логистика государственных закупок и ее особенности в Республике Беларусь.

Описать процесс закупки необходимого оборудования за счет средств республиканского бюджета. Рассмотреть тендерные закупки в Республике Беларусь.

Вариант 11. Автоматизация производства и ее роль в логистике.

Описать существующие автоматизированные системы на белорусских предприятиях, перечислить их достоинства и недостатки.

Вариант 12. Особенности дистрибуции белорусских товаров на внешнем рынке.

Оценить все факторы, влияющие на стратегии выхода на рынок России и других государств. Описать развитие дистрибуции белорусских товаров на внешних рынках.

Вариант 13. Логистический сервис в системе распределения.

Нарисовать и описать схему распределения белорусских товаров на рынке (например, сахара, молочных продуктов, калийных удобрений и т. п.).

Вариант 14. Склады как объекты логистической инфраструктуры в Республике Беларусь.

Выявить все факторы, которые могут оказать влияние на принятие решения об организации складского оборудования и установке его на складе.

Вариант 15. Идентификация продукции посредством штрихового кодирования.

Привести примеры использования штрихового кодирования на предприятиях АПК.

Вариант 16. Перспективы использования RFID-технологий в Республике Беларусь.

Проанализировать эффективность RFID-технологий в борьбе с угонем автотранспорта. Привести примеры использования этой технологии в Республике Беларусь.

Вариант 17. Перспективы использования систем электронного документооборота в Республике Беларусь.

Привести примеры использования систем электронного документооборота на предприятиях АПК в Республике Беларусь.

Вариант 18. Банк электронных паспортов товаров (ePASS).

Описать значимость унификации баз данных электронных паспортов товаров в рамках Таможенного союза.

Вариант 19. Логистические центры как объекты логистической инфраструктуры в Республике Беларусь.

Нарисовать и описать схему размещения логистических центров в Республике Беларусь.

Вариант 20. Технико-экономическая характеристика логистических центров Витебской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Витебской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Вариант 21. Технико-экономическая характеристика логистических центров Гродненской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Гродненской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Вариант 22. Технико-экономическая характеристика логистических центров Гомельской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Гомельской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Вариант 23. Технико-экономическая характеристика логистических центров Могилевской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Могилевской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Вариант 24. Технико-экономическая характеристика логистических центров Брестской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Брестской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Вариант 25. Технико-экономическая характеристика логистических центров Минской области.

Охарактеризовать действующие логистические центры Минской области: местоположение, складская инфраструктура, удаленность от автомагистралей.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой информационная логистическая система?
2. Что понимают под информационной логистикой?
3. Дайте определение логистического информационного потока.
4. Для чего используется электронная цифровая подпись?
5. Где применяются технологии штрихового кодирования?

Практическая работа № 18

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ОБЪЕМА УРОВНЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Цель работы: изучить все виды логистического сервиса, определить оптимальный объем уровня логистического сервиса.

Теоретические сведения

Сервис представлен в логистической системе:

- сервисом потребительского спроса (сроки поставки, готовность и чистота поставок, безотказность и своевременность, комплексность, качество, объем, погрузка и разгрузка, способ заказа);
- производственным сервисом (доработка и модификация, монтаж и наладка, шеф-надзор, испытания, устранение ошибок, обучение персонала, организация эксплуатации);
- послепродажным сервисом (гарантийные работы, ремонтные работы, подготовка ремонтного персонала, снабжение запчастями, инфраструктура сервиса, утилизация старой продукции);
- информационным сервисом (рекламная деятельность, каталоги и прейскуранты, техническая документация, эксплуатационная документация, включение в информационную сеть, правила приемки и гарантии);
- финансово-кредитным сервисом (вариантность оплаты, системы скидок и льгот, товарные и денежные кредиты, банковские коммерческие кредиты, новые дополнительные формы кредитов).

Все работы в области логистического сервиса можно разделить на три основные группы:

1. Предпродажные, т. е. работы по формированию системы логистического обслуживания.
2. Работы по оказанию логистических услуг, осуществляемые в процессе продажи товаров.
3. Послепродажный логистический сервис.

До начала процесса реализации работа в области логистического сервиса включает в себя определение политики предприятия, фирмы в сфере оказания услуг, а также их планирование.

В процессе реализации товаров могут оказываться разнообразные логистические услуги:

1. Наличие товарных запасов на складе.
2. Исполнение заказа, в том числе подбор ассортимента, упаковка, формирование грузовых единиц и другие операции.
3. Обеспечение надежности доставки.
4. Предоставление информации о прохождении грузов.

Важным критерием, позволяющим оценить систему сервиса как с позиции поставщика, так и с позиции получателя услуг, является уровень логистического сервиса. Расчет данного показателя осуществляется по формуле (62):

$$\eta = \frac{m}{M} 100 \%, \quad (62)$$

где η – уровень логистического обслуживания;

m – количественная оценка фактического объема логистического сервиса;

M – количественная оценка теоретически возможного объема логистического сервиса.

Уровень сервиса можно оценивать также и сопоставляя время на выполнение фактически оказываемых в процессе поставки логистических услуг со временем, которое необходимо было бы затратить в случае оказания всего комплекса возможных услуг в процессе той же поставки. В этом случае расчет выполняется по формуле (63):

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^N t_i} 100 \%, \quad (63)$$

где n – фактическое количество реализуемых товаров (оказываемых услуг);

N – количество товаров (услуг), которое теоретически может быть реализовано (оказано);

t_i – время на оказание i -й услуги;

$\sum_{i=1}^n t_i$ – суммарное время, фактически затрачиваемое на оказание услуг;

$\sum_{i=1}^N t_i$ – время, которое теоретически может быть затрачено на выполнение всего комплекса возможных услуг.

Следует отметить, что начиная с 70 % и выше затраты на логистический сервис растут экспоненциально в зависимости от уровня сервиса, а при достижении 90 % увеличение объема логистического сервиса становится не выгодно. При этом снижение уровня логистического сервиса приводит к снижению потерь, вызванных ухудшением качества сервиса.

Задача 1. Среднее количество услуг, оказываемых ежемесячно тремя агротехсервисами, и суммы затрат на логистический сервис представлены в табл. 18.1. Максимально возможное ежемесячное количество услуг по каждому агротехсервису может составлять 500 услуг. Определить уровень логистического сервиса. Отрадить графически зависимость затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям.

Таблица 18.1

Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса для задачи 1

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Январь	381	397	391	3314,7	3453,9	3411,2
Февраль	376	379	402	3271,2	3297,3	3497,4
Март	381	399	402	3325,9	3471,3	3499,8
Апрель	379	389	389	3297,3	3384,3	3384,3
Май	379	388	401	3307,5	3375,6	3488,7
Июнь	383	385	390	3332,1	3349,5	3393
Июль	374	380	391	3253,8	3306	3401,7
Август	375	381	395	3262,5	3314,7	3436,5
Сентябрь	390	376	403	3393	3271,2	3506,1
Октябрь	386	386	407	3358,2	3358,2	3540,9
Ноябрь	375	384	405	3265,3	3340,8	3523,5
Декабрь	374	387	390	3256,6	3366,9	3395,2

Методические рекомендации

Для расчета уровня логистического сервиса следует подготовить исходную таблицу с информацией (рис. 18.1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.			Уровень логистического сервиса, %		
2		A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
3	Январь	381	397	391	3314,7	3453,9	3411,2			
4	Февраль	376	379	402	3271,2	3297,3	3497,4			
5	Март	381	399	402	3325,9	3471,3	3499,8			
6	Апрель	379	389	389	3297,3	3384,3	3384,3			
7	Май	379	388	401	3307,5	3375,6	3488,7			
8	Июнь	383	385	390	3332,1	3349,5	3393			
9	Июль	374	380	391	3253,8	3306	3401,7			
10	Август	375	381	395	3262,5	3314,7	3436,5			
11	Сентябрь	390	376	403	3393	3271,2	3506,1			
12	Октябрь	386	386	407	3358,2	3358,2	3540,9			
13	Ноябрь	375	384	405	3265,3	3340,8	3523,5			
14	Декабрь	374	387	390	3256,6	3366,9	3395,2			

Рис. 18.1. Исходная таблица с информацией для расчета уровня логистического сервиса (задача 1)

Для определения уровня логистического сервиса необходимо воспользоваться формулой (62), при этом значение M для всех расчетов остается неизменным и составляет 500 единиц.

Например, для агросервиса 1 в январе уровень логистического сервиса составляет $381 / 500 \cdot 100 \% = 76,2 \%$. Данный показатель рассчитан в ячейке H3 согласно выражению $=B3/500*100$.

Аналогичным образом рассчитывается уровень логистического сервиса для остальных месяцев года и для других агросервисов.

Далее необходимо построить график зависимости затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям. Согласно расчетам, полученным по формуле (62) и отраженным на рис. 18.2, зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервисов 1, 2 и 3 отражена соответственно на рис. 18.3, 18.4 и 18.5. Для наглядности зависимости данные для построения графика предварительно отсортированы в порядке возрастания по показателю «Уровень логистического сервиса».

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.			Уровень логистического сервиса, %			
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3	
1							$=B3/500*100$			
2										
3	Январь	381	397	391	3314,7	3453,9	3411,2	76,20	79,40	78,20
4	Февраль	376	379	402	3271,2	3297,3	3497,4	75,20	75,80	80,40
5	Март	381	399	402	3325,9	3471,3	3499,8	76,20	79,80	80,40
6	Апрель	379	389	389	3297,3	3384,3	3384,3	75,80	77,80	77,80
7	Май	379	388	401	3307,5	3375,6	3488,7	75,80	77,60	80,20
8	Июнь	383	385	390	3332,1	3349,5	3393	76,60	77,00	78,00
9	Июль	374	380	391	3253,8	3306	3401,7	74,80	76,00	78,20
10	Август	375	381	395	3262,5	3314,7	3436,5	75,00	76,20	79,00
11	Сентябрь	390	376	403	3393	3271,2	3506,1	78,00	75,20	80,60
12	Октябрь	386	386	407	3358,2	3358,2	3540,9	77,20	77,20	81,40
13	Ноябрь	375	384	405	3265,3	3340,8	3523,5	75,00	76,80	81,00
14	Декабрь	374	387	390	3256,6	3366,9	3395,2	74,80	77,40	78,00

Рис. 18.2. Таблица расчета уровня логистического сервиса



Рис. 18.3. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 1



Рис. 18.4. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 2

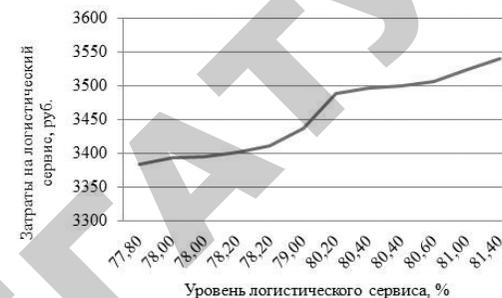


Рис. 18.5. Зависимость затрат на сервис от уровня логистического сервиса для агросервиса 3

Вывод: таким образом, можно отметить, что все агросервисы имеют достаточно высокий уровень логистического сервиса – от 74,8 % до 81,4 %, при этом из графиков на рис. 18.3–18.5 отчетливо видна зависимость от затрат. Чем выше затраты, тем выше уровень сервиса.

Задача 2. Три агросервиса предоставляют комплекс услуг, при этом некоторые услуги у них одинаковы. Время, необходимое для оказания отдельной услуги, представлено в табл. 18.2. В марте каждый из агросервисов выполнил определенный комплекс услуг:

- агросервис 1 оказывал услуги № 1, 2, 5, 7, 8, 9;
- агросервис 2 оказывал услуги № 2, 3, 5, 8, 9, 10;
- агросервис 3 оказывал услуги № 1, 2, 4, 5, 8, 9.

Определить уровень логистического сервиса агросервисов в марте на основе данных табл. 18.2.

Таблица 18.2

Агросервис	Время, необходимое для оказания услуги, чел./ч									
	№ услуги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	5	8	4	5	7	3	12	6	7	8
A2	6	7	5	6	8	4	11	7	6	8
A3	7	7	4	4	6	5	10	6	7	9

Методические рекомендации

Для расчета уровня логистического сервиса следует подготовить исходную таблицу с информацией (рис. 18.6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Агросервис	№ услуги										
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Уровень сервиса, %
3	A1	5	8	4	5	7	3	12	6	7	8	
4	A2	6	7	5	6	8	4	11	7	6	8	
5	A3	7	7	4	4	6	5	10	6	7	9	
6												
7	Агросервис	Комплекс выполненных услуг										
8	A1	1	2	5	7	8	9					
9	A2	2	3	5	8	9	10					
10	A3	1	2	4	5	8	9					

Рис. 18.6. Исходная таблица с информацией для расчета уровня логистического сервиса (задача 2)

Уровень логистического сервиса по трем предприятиям необходимо рассчитать по формуле (63).

Например, для агросервиса 1 в марте уровень логистического сервиса составил $381 / (5 + 8 + 4 + 5 + 7 + 3 + 12 + 6 + 7 + 8) \cdot 100 \% = 69,23 \%$ (рис. 18.7). Данный показатель рассчитан в ячейке L2 согласно выражению $=(СУММ(B2;C2;F2;H2;I2;J2)/СУММ(B2:K2))*100$.

Аналогичным образом рассчитывается уровень логистического сервиса для других агросервисов.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Агросервис	№ услуги										
2		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Уровень сервиса, %
3	A1	5	8	4	5	7	3	12	6	7	8	69,23%
4	A2	6	7	5	6	8	4	11	7	6	8	66,18%
5	A3	7	7	4	4	6	5	10	6	7	9	66,15%
												$=(B2+C2+F2+H2+I2+J2)/СУММ(B2:K2)$

Рис. 18.7. Таблица расчета уровня логистического сервиса в зависимости от затрат времени на выполнение всех услуг в течение месяца

Вывод: таким образом, можно отметить, что все агросервисы имеют средний уровень логистического сервиса – от 66 % до 70 %, при этом, исходя из расчета, наибольшее значение уровня логистического сервиса имеет агросервис 1 – 69,23 %.

Задания для управляемой самостоятельной работы

Задача 1. Среднее количество услуг, оказываемых ежемесячно тремя агротехсервисами, и суммы затрат на логистический сервис

представлены в табл. 18.3. Максимально возможное ежемесячное количество услуг по каждому агротехсервису может составлять 500 услуг. Определить уровень логистического сервиса. Отобразить графически зависимость затрат на сервис от уровня сервиса по предприятиям.

Таблица 18.3

Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса для задачи 1

Период	Фактически оказываемый комплекс услуг, ед.			Затраты на логистический сервис, руб.		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
Январь	$391 + N$	392	$425 + N$	$2743,31 + Z$	2750,32	$2981,85 + Z$
Февраль	373	388	449	2617,02	2722,26	3150,24
Март	379	$397 + N$	433	2659,11	$2785,40 + Z$	3037,98
Апрель	376	407	436	2638,06	2855,56	3059,03
Май	$381 + N$	$398 + N$	420	$2673,15 + Z$	$2792,42 + Z$	2946,77
Июнь	395	394	$439 + N$	2771,37	2764,35	$3080,08 + Z$
Июль	377	389	450	2645,08	2729,27	3157,26
Август	338	390	422	2371,45	2736,29	2960,81
Сентябрь	389	$381 + N$	$420 + N$	2729,27	$2673,15 + Z$	$2946,77 + Z$
Октябрь	399	382	447	2799,44	2680,16	3136,21
Ноябрь	$374 + N$	397	428	$2624,03 + Z$	2785,40	3002,90
Декабрь	378	393	$432 + N$	2652,10	2757,34	$3030,97 + Z$

Примечание. Значение N равно номеру варианта от 1 до 10, а значение Z рассчитано как $Z = N \cdot 7,02$.

Задача 2. Пять агросервисов предоставляет комплекс услуг, при этом некоторые услуги у них одинаковы. Время, необходимое для оказания отдельной услуги, представлено в табл. 18.4. В июле каждый из агросервисов выполнил определенный комплекс услуг (табл. 18.5). Определить уровень логистического сервиса агросервисов в июле на основе данных табл. 18.4 и 18.5.

Таблица 18.4

Основные показатели для расчета уровня логистического сервиса для задачи 2

Агросервис	№ услуги									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	19	17	14	20	19	10	12	18	15	13
A2	18	15	11	18	18	11	14	20	17	16
A3	21	16	13	19	19	9	17	21	20	18
A4	20	14	11	17	17	10	19	22	23	19
A5	22	16	12	19	20	8	16	21	22	16

Таблица 18.5

Комплекс выполненных услуг для задачи 2

Вариант	Комплекс выполненных услуг для каждого из агросервисов					
1	1	2	3	7	8	9
2	2	3	4	7	8	9
3	3	4	5	7	9	10
4	4	5	6	8	9	10
5	1	2	3	5	6	8
6	2	3	4	5	6	7
7	3	4	5	6	7	8
8	4	5	6	7	8	9
9	2	3	7	8	9	10
10	1	2	3	4	5	6

Контрольные вопросы

1. Какие виды сервиса представлены в логистической системе?
2. Какие работы относятся к предпродажным?
3. Какие работы по оказанию логистических услуг осуществляются в процессе продажи товаров?
4. Что относится к послепродажному логистическому сервису?
5. Как рассчитывается уровень логистического сервиса?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасенко, И. Д. Экономическая логистика: для магистров и специалистов : учебник для студентов экономических специальностей всех форм обучения / И. Д. Афанасенко, В. В. Борисова. – СПб. : Питер, 2013. – 429 с.
2. Верниковская, О. В. Закупочная логистика : учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Логистика» / О. В. Верниковская. – Минск : БГЭУ, 2014. – 361 с.
3. Гаджинский, А. М. Практикум по логистике / А. М. Гаджинский. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Дашков и К, 2016. – 320 с.
4. Дроздов, П. А. Логистика в АПК. Практикум : учебное пособие для студентов учреждений высшего сельскохозяйственного образования / П. А. Дроздов. – Минск : Издательство Гревцова, 2013. – 222 с.
5. Дроздов, П. А. Основы логистики в АПК : учебник для студентов учреждений высшего образования по агротехническим специальностям / П. А. Дроздов. – 2-е изд. – Минск : Издательство Гревцова, 2013. – 288 с.
6. Канке, А. А. Основы логистики : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Менеджмент организации» / А. А. Канке, И. П. Кошева. – М. : КНОРУС, 2015. – 576 с.
7. Курочкин, Д. В. Логистика : курс лекций / Д. В. Курочкин. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : ФУАинформ, 2012. – 269 с.
8. Курочкин, Д. В. Логистика : практикум / Д. В. Курочкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : ФУАинформ, 2014. – 304 с.
9. Логистика: теория и практика. Управление цепями поставок : учебник / Б. А. Аникин [и др.] ; под ред. Б. А. Аникина, Т. А. Родкиной. – М. : Проспект, 2015. – 214 с.
10. Логистика: тренинг и практикум : учебное пособие / Б. А. Аникин [и др.] ; ГУУ ; под ред. Б. А. Аникина, Т. А. Родкиной. – М. : Проспект, 2015. – 443 с.
11. Николайчук, В. Е. Транспортно-складская логистика : учебное пособие / В. Е. Николайчук. – 4-е изд. – М. : Дашков и К, 2011. – 452 с.
12. Просветов, Г. И. Математические методы в логистике: задачи и решения : учебно-практическое пособие / Г. И. Просветов. – 3-е изд., доп. – М. : Альфа-Пресс, 2014. – 302 с.

13. СТБ 2046–2010. Транспортно-логистический центр. Требования к техническому оснащению и транспортно-экспедиционному обслуживанию / Госстандарт Республики Беларусь. – Введ. 28.04.2010. – Минск : БелГИСС, 2010. – 6 с.

14. Тебекин, А. В. Логистика : учебник для студентов экономических вузов, обучающихся по направлению подготовки «Экономика», специальности «Менеджмент» и другим экономическим специальностям / А. В. Тебекин. – М. : Дашков и К, 2014. – 355 с.

Учебное издание

Сапун Оксана Леонидовна,
Марков Александр Сергеевич,
Подашевская Елена Игоревна и др.

ЛОГИСТИКА.
ПРАКТИКУМ

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск *О. Л. Сапун*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 20.03.2018. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 10,69. Уч.-изд. л. 8,36. Тираж 50 экз. Заказ 24.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.