

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным занятиям для студентов специальностей
1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств
(легкая промышленность)»,
6-05-0713-04 «Автоматизация технологических процессов и производств
(компьютерная мехатроника)»

Витебск
2024

Составители:

А. М. Науменко, В. Ф. Куксевич, С. В. Горнак

Одобрено кафедрой «Автоматизация производственных процессов»
УО «ВГТУ», протокол № 2 от 19.09.2024.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 1 от 23.09.2024.

Автоматизированные системы управления производством:
методические указания к лабораторным занятиям / сост. А. М. Науменко,
В. Ф. Куксевич, С. В. Горнак – Витебск : УО «ВГТУ», 2024. – 67 с.

В методических указаниях содержится материал для выполнения лабораторных занятий по дисциплине в соответствии с учебной программой. Приведены методики расчета стратегии равномерного производства «на склад», стратегии преследования, стратегии позаказного производства, планирования ресурсов, стоимости/риска и закупок при проектировании информационных систем, моделирование процессов MRP планирования в ERP-системах с помощью Microsoft Excel, использование баз данных при управлении продажами продукции предприятия, решение задач линейного программирования при поиске оптимальных решений с помощью программы Maple. Даны теоретические сведения для расчетов и индивидуальные задания.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину, для использования на практических занятиях, при выполнении лабораторных работ и подготовке к итоговому контролю знаний.

УДК 681.5

© УО «ВГТУ», 2024

Содержание

Лабораторная работа 1 <i>Стратегия равномерного производства «на склад»</i>	4
Лабораторная работа 2 <i>Стратегия преследования</i>	17
Лабораторная работа 3 <i>Позаказное производство</i>	20
Лабораторная работа 4 <i>Планирование ресурсов</i>	27
Лабораторная работа 5 <i>Моделирование процессов MRP планирования в ERP-системах</i>	32
Лабораторная работа 6 <i>Управление стоимостью/риском и закупками при проектировании информационных систем</i>	45
Лабораторная работа 7 <i>Использование баз данных при управлении продажами продукции предприятия</i>	50
Лабораторная работа 8 <i>Решение задач линейного программирования с помощью программы <i>table</i></i>	56
Лабораторная работа 9 <i>Решение задачи линейного программирования при поиске оптимальных решений</i>	64
Список используемых источников	68

Лабораторная работа 1

Стратегия равномерного производства «на склад»

Цель работы: разработка плана производства для равномерного производства «на склад»

Теоретические сведения

В качестве основного инструмента для выполнения лабораторных работ применяется Microsoft Excel. Электронные таблицы MS Excel предназначены для обработки таблично организованной информации. Особенностью электронных таблиц является структурирование информации непосредственно на этапе ввода данных – данные и формулы хранятся в ячейках рабочего листа.

Программа Microsoft Excel используется при решении планово-экономических, финансовых, технико-экономических и инженерных задач, для статистической обработки информации, анализа данных и представления их в виде графиков и диаграмм. Применение Microsoft Excel позволяет ускорить расчеты при разработке плана производства.

Общая процедура разработки плана производства для равномерного производства «на склад» при равной длительности периодов планирования:

1. Задать начальный объем материально-производственных запасов готовой продукции и необходимый конечный объем.
2. Задать прогнозируемый спрос на все периоды горизонта планирования.
3. Рассчитать суммарный прогнозируемый спрос на весь горизонт планирования.
4. Рассчитать суммарный объем продукции, которую требуется произвести, по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Суммарный объем продукции} &= \text{суммарный прогноз спроса} + \\ &+ \text{конечный объем материально-производственных запасов готовой продукции} - \\ &- \text{начальный объем материально-производственных запасов готовой продукции} \quad (1.1) \end{aligned}$$

5. Рассчитать объем продукции, которую требуется производить в каждый период, для этого разделить суммарный объем продукции на количество периодов.
6. Рассчитать конечный объем материально-производственных запасов готовой продукции в каждый период.
7. Провести анализ корректности плана проверкой неотрицательности запасов во всех плановых периодах.

Таблица 1.1 – Пример итогового плана равномерного производства (производство запасов)

Период	1	2	3	4	5	Всего
Прогноз продаж ГП P(i)	110	120	130	120	120	600
Объем производства M(i)	116	116	116	116	116	580
Объем материально-производственных запасов ГП Z(i)	100	106	102	88	84	80

Вычисления табличных данных выполнены в соответствии со следующим формульным описанием алгоритма планирования: Для значений индекса i в пределах от 1 до 5 $M(i) = [(P(1) + \dots + P(5)) - Z(0) + Z(5)]/5$, $Z(i) = Z(i - 1) + M(i) - P(i)$ ¹.

Задача 1.1 Равномерное производство запасов готовой продукции

Производственная линия должна выпускать равномерно заданное количество единиц продукции в месяц (см. таблицы 1.1.1–1.1.5). Прогноз продаж приведен в таблице 1.1.1–1.1.5. Рассчитать прогнозируемый объем материально-производственных запасов в конце каждого периода. Начальный объем материально-производственных запасов составляет количество, указанное в таблице. Во всех периодах равное количество рабочих дней. Рассчитать, как будут изменяться запасы.

Таблица 1.1.1 – Задание 1 Вариант 1

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	800	900	1200	1500	1000	800
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					

Таблица 1.1.2 – Задание 1 Вариант 2

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	1200	900	1200	1000	1500	400
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	600					

¹ $Z(i) = Z(i-1) + M(i) - P(i)$ – формула материального баланса, означающая «объем запаса ГП Z(i) в период i равен объему запаса ГП Z(i-1) в предыдущий период $i-1$, плюс произведенная в период i ГП M(i), минус вывезенная со склада ГП P(i)».

Таблица 1.1.3 – Задание 1 Вариант 3

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	600	700	1000	1500	1000	1000
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	700					

Таблица 1.1.4 – Задание 1 Вариант 4

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	900	1000	1500	1100	1000	600
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	800					

Таблица 1.1.5 – Задание 1 Вариант 5

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	1000	1000	1200	1300	900	800
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	900					

Задача 1.2 Равномерное производство запланированного объема

Компания хочет разработать план равномерного производства для семейства изделий. Начальный объем материально-производственных запасов указан в таблицах 1.2.1–1.2.5, к концу планового периода ожидается увеличение этого объема до указанного уровня. Спрос в каждый период приведен в задании. Какой объем продукции компания должна производить в каждый период? Каким будет конечный объем материально-производственных запасов в каждый период? Во всех периодах равное количество рабочих дней.

Таблица 1.2.1 – Задание 2 Вариант 1

Период		1	2	3	4	5	6
Прогнозируемый спрос		100	120	130	140	120	110
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	100						130

Таблица 1.2.2 – Задание 2 Вариант 2

Период		1	2	3	4	5	6
Прогноз		140	120	130	100	120	110
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	80						100

Таблица 1.2.3 – Задание 2 Вариант 3

Период		1	2	3	4	5	6
Прогноз		140	100	130	100	170	110
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	110						140

Таблица 1.2.4 – Задание 2 Вариант 4

Период		1	2	3	4	5	6
Прогноз		140	100	130	100	170	110
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	110						140

Таблица 1.2.5 – Задание 2 Вариант 5

Период		1	2	3	4	5	6
Прогноз		140	130	160	100	170	110
Окончание таблицы 1.2.5							
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	120						140

Задача 1.3 Равномерное производство при уменьшении объема материально-производственных запасов

Компания хочет разработать план равномерного производства для семейства изделий. Начальный объем материально-производственных запасов указан в таблицах 1.3.1–1.3.5, к концу планового периода ожидается сокращение этого объема до указанного уровня. Спрос в каждый период приведен в задании. Какой объем продукции компания должна производить в каждый период? Каким будет конечный объем материально-производственных запасов в каждый период? Во всех периодах равное количество рабочих дней.

Таблица 1.3.1 – Задание 3 Вариант 1

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1200	1200	800	600	800	1000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					300	

Таблица 1.3.2 – Задание 3 Вариант 2

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1100	1000	800	600	800	1200	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	600					400	

Таблица 1.3.3 – Задание 3 Вариант 3

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогноз	1800	900	1700	1500	1000	800	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	700					500	

Таблица 1.3.4 – Задание 3 Вариант 4

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	800	1300	2200	1500	1000	1800
Запланированный объем производства						
Запланированный объем материально-производственных запасов	800					600

Таблица 1.3.5 – Задание 3 Вариант 5

Период	1	2	3	4	5	6
Прогноз	700	900	1100	1300	900	700
Запланированный объем производства	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Запланированный объем материально-производственных запасов	400					200

Задача 1.4 Равномерное производство при отсутствии материально-производственных запасов

Компания хочет разработать план равномерного производства. Начальный объем материально-производственных запасов равен нулю. Спрос в следующие четыре периода приведен в таблице 1.4.1–1.4.5.

- При каком темпе производства в каждый период объем материально-производственных запасов в конце 4-го периода останется нулевым?
- Когда будут возникать задолженности по заказам и в каком объеме?
- Какой равномерный темп производства в каждый период позволит избежать возникновения задолженностей по заказам? Каким будет конечный объем материально-производственных запасов в 4-ый период?

Таблица 1.4.1 – Задание 4 Вариант 1

Период	1	2	3	4	Итого
Прогнозируемый спрос	10	5	12	9	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	0				

Таблица 1.4.2 – Задание 4 Вариант 2

Период	1	2	3	4	Итого
Прогнозируемый спрос	10	9	5	12	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	0				

Таблица 1.4.3 – Задание 4 Вариант 3

Период	1	2	3	4	Итого
Прогнозируемый спрос	7	10	11	8	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	0				

Таблица 1.4.4 – Задание 4 Вариант 4

Период	1	2	3	4	Итого
Прогнозируемый спрос	10	9	5	12	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	0				

Таблица 1.4.5 – Задание 4 Вариант 5

Период	1	2	3	4	Итого
Прогнозируемый спрос	5	12	9	10	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	0				

Задача 1.5 *Общая процедура разработки плана производства для равномерного производства «на склад» при равной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности.*

Проверить правильность вычисленных в таблице 1.5.1 значений.

Задача планирования равномерного производства при известной величине спроса на отдельных этапах планирования и заданном начальном состоянии товарных запасов.

Таблица 1.5.1 – Исходные данные. Задание 5

Период Величина	Начальный запас	1	2	3	4	5	6	Итого
P_i		200	50	100	50	70	50	520
M_i		70	70	70	70	70	70	420
Z_i	100	-30	-10	-40	-20	-20	0	
M_{iopt}		100	100	100	100	100	100	600
Z_{iopt}		0	50	50	100	130	180	510

Рассчитать объемы равномерного производства m_i , $i = 1,6$, по этапам планирования при заданном начальном объеме запасов z_0 .

- Рассчитать объемы товарных запасов на конец каждого текущего этапа планирования z_i .
- Дать анализ полученных результатов на предмет удовлетворения заявленного спроса на весь период планирования.
- В случае, если рассчитанная производственная программа не удовлетворяет спрос, произвести ее корректировку с учетом

нарастающего итогового спроса по всем этапам планирования согласно приведенным ниже формулам:

$$m_{opt} = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{\sum_{k=1}^i P_k - Z_0}{i} \right\} \quad (1.2)$$

$$Z_i = m_{opt} \times i + Z_0 - \sum_{k=1}^i P_k \quad (1.3)$$

В таблице 1.5.1 приведен пример расчета дефицитного плана (с отрицательными значениями запасов ГП) и оптимального плана, рассчитанного по приведенным формулам.

Задача 1.6 Общая процедура разработки плана производства для равномерного производства «на склад» при различной длительности периодов планирования

Компания хочет разработать план равномерного производства для семейства изделий. Начальный объем материально-производственных запасов указан, к концу планового периода ожидается увеличение этого объема до указанного уровня. Спрос в каждом месяце приведен в таблицах 1.6.1–1.6.5. Рассчитайте суммарный объем производства, ежедневный объем производства, а также объем производства и материально-производственных запасов в каждом месяце.

1. Рассчитать объемы равномерного производства m_i , $i = 1 - 6$, по этапам планирования при заданном начальном объеме запасов Z_0 , предварительно рассчитав объем производства в день:
 - а) рассчитать совокупную производственную потребность как совокупный спрос минус начальный запас и плюс конечный запас;
 - б) рассчитать объем равномерного производства в день, разделив совокупную производственную потребность на совокупную длительность этапов в днях;
 - в) рассчитать объем производства по этапам умножением объема равномерного производства в день на длительность этапа в днях.
2. Рассчитать объемы товарных запасов на конец каждого текущего этапа планирования Z_i .

Таблица 1.6.1 – Задание 6 Вариант 1

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
Рабочие дни	21	19	20	10	
Прогнозируемый спрос	105	115	130	140	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	100			130	

Таблица 1.6.2 – Задание 6 Вариант 2

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
Рабочие дни	21	19	20	10	
Прогнозируемый спрос	115	105	130	140	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	90			120	

Таблица 1.6.3 – Задание 6 Вариант 3

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
Рабочие дни	21	19	20	10	
Прогнозируемый спрос	110	110	130	140	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	90			110	

Таблица 1.6.4 – Задание 6 Вариант 4

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
Рабочие дни	21	19	20	10	
Прогнозируемый спрос	100	120	110	160	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	80			140	

Таблица 1.6.5 – Задание 6 Вариант 5

Месяц	Май	Июнь	Июль	Август	Итого
Рабочие дни	21	19	20	10	
Прогнозируемый спрос	140	115	130	105	
Запланированный объем производства					
Запланированный объем материально-производственных запасов	100			150	

Задача 1.7 Равномерное производство при сокращении материально-производственных запасов

Компания хочет разработать план равномерного производства для семейства изделий. Начальный объем материально-производственных запасов составляет, к концу планового периода ожидается сокращение этого объема до указанного уровня. Спрос в каждом месяце приведен в таблицах 1.7.1 – 1.7.5. Какой объем продукции компания должна производить в каждом месяце? Каким будет конечный объем материально-производственных запасов в каждом месяце? По Вашему мнению, существуют ли какие-либо проблемы в связи с выполнением этого плана?

Таблица 1.7.1 – Задание 7 Вариант 1

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1200	1300	800	700	700	900	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					300	

Таблица 1.7.2 – Задание 7 Вариант 2

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1100	1400	700	800	700	900	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	400					200	

Таблица 1.7.3 – Задание 7 Вариант 3

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1000	1500	800	700	600	1000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	550					400	

Таблица 1.7.4 – Задание 7 Вариант 4

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1100	1400	700	800	700	900	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	650					200	

Таблица 1.7.5 – Задание 7 Вариант 5

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1500	1000	800	1200	600	500	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					600	

Задача 1.8 Общая процедура разработки плана производства для равномерного производства «на склад» при различной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности

В таблице 1.8.1 приведен пример расчета дефицитного плана (с отрицательными значениями запасов ГП) и оптимального плана, рассчитанного по приведенным формулам.

Таблица 1.8.1 – Исходные данные. Задание 8

Период Величина	Начальный запас	1	2	3	4	5	6	Итого
d_i		20	22	20	20	18	19	119
P_i		1500	1000	800	1200	600	500	5600
M_i		958	1054	958	958	862	910	5700
Z_i	500	-42	12	170	72	190	600	47,9
$M_{i \text{ опт}}$		50	47,6	45,1	48,8	46	42,9	50
$M_{i \text{ опт}}$		1000	1100	1000	1000	900	950	5950
$Z_{i \text{ опт}}$		0	100	300	100	400	850	1750

Проверить правильность вычисленных в таблице значений.

1. Рассчитать объемы равномерного производства m_i , $i = 1 - 6$, по этапам планирования при заданном начальном объеме запасов z_0 , предварительно

рассчитав объем производства в день:

- а) рассчитать совокупную производственную потребность как совокупный спрос минус начальный запас и плюс конечный запас;
 - б) рассчитать объем равномерного производства в день, разделив совокупную производственную потребность на совокупную длительность этапов в днях;
 - в) рассчитать объем производства по этапам умножением объема равномерного производства в день на длительность этапа в днях.
2. Рассчитать объемы товарных запасов на конец каждого текущего этапа планирования Z_i .
 3. Дать анализ полученных результатов на предмет удовлетворения заявленного спроса на весь период планирования.
 4. В случае, если рассчитанная производственная программа не удовлетворяет спрос, произвести ее корректировку с учетом нарастающего итогового спроса по всем этапам планирования согласно приведенным ниже формулам.

$$m_{opt}^d = \max_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{\sum_{k=1}^i P_k - Z_0}{\sum_{k=1}^i d_k} \right\} \quad (1.4)$$

$$m_{opt}^{(i)} = m_{opt}^d \times d_i \quad (1.5)$$

$$Z_i = Z_{(i-1)} + m_{opt}^{(i)} - P_i \quad (1.6)$$

Контрольные вопросы

1. Если начальный объем материально-производственных запасов $Z(0)$ составляет 500 единиц, спрос $P(1)$ равен 800 единиц, а объем производства $M(1)$ равен 600 единиц, каким будет конечный объем материально-производственных запасов $Z(1)$?

2. Если начальный объем материально-производственных запасов $Z(0)$ составляет 500 единиц, спрос $P(1)$ равен 1800 единиц, а объем производства $M(1)$ равен 800 единиц, каким будет конечный объем материально-производственных запасов $Z(1)$?

3. Заполните табличку 1.9.1

Таблица 1.9.1 – Задание 9

Z(0)	P(1)	M(1)	Z(1)
	3000	2300	0
700		2300	1000
1000	2500		500
800	1500	300	
500	2000	1500	

4. Что означает отрицательное значение запаса ГП?

Лабораторная работа 2

Стратегия преследования

Цель работы: разработка плана производства с обеспечением соответствия спросу (стратегия преследования)

Теоретические сведения

Для скоропортящихся товаров нет возможности создать серьезные материально-производственные запасы, чтобы позднее продать их. Приходится использовать стратегию преследования и производить минимальный объем продукции, который позволит удовлетворить спрос в каждый период. Расходы на хранение материально-производственных запасов минимальны, а связанные с отсутствием товара на складе затраты отсутствуют. Однако возникают расходы в связи с изменением уровня производства.

Рассмотрим пример с предыдущим прогнозом спроса (табл. 2.1), предположив, что изменение уровня производства на один набор обходится в \$20. Например, переход с производства 50 наборов к производству 60 наборов будет стоить $(60 - 50) \times \$20 = \200 .

Таблица 2.1 – Пример плана обеспечения соответствия спросу (стратегия преследования)

Период	0	1	2	3	4	5
Спрос (наборы) $P(i)$		110	120	130	120	120
Объем $M(i)$ производства	100	90	120	130	120	120
Изменение объема производства $\Delta M(i)$		10	30	10	10	0
Объем материально-производственных запасов $Z(i)$	100	80	80	80	80	80

$$\begin{aligned}\Delta M(i) &= M(i) - M(i - 1); \\ M(i) &= P(i) - (Z(i - 1) - Z(i)); \\ Z(i) &= Z(i - 1) + M(i) - P(i).\end{aligned}\tag{2.1}$$

Начальный объем материально-производственных запасов составляет 100 наборов, и компания хочет сократить его в первый период до 80 наборов. В этом случае необходимый объем производства в первый период составляет:

$$110 - (100 - 80) = 90 \text{ наборов.}$$

Допустим, объем производства в период, предшествующий периоду 1, составил 100 наборов.

Расходы по плану составят: общие расходы на изменение уровня производства = $60 \times \$20 = \1200

Расходы на хранение материально-производственных запасов = $80 \text{ наборов} \times 5 \text{ периодов} \times \$5 = \$2000$

Общая сумма расходов по плану = $\$1200 + \$2000 = \$3200$

Задача. Следящая стратегия

В соответствии с трудовым договором компания должна принять на работу достаточно сотрудников, чтобы обеспечить производство 100 единиц продукции в неделю при работе в одну смену или 200 единиц продукции в неделю при работе в две смены. Нанимать дополнительных работников, увольнять кого-либо и организовывать работу в сверхурочное время нельзя. В четвертую неделю можно будет поручить частично или полностью отработать дополнительную смену работникам другого отдела (до 100 единиц продукции). Во вторую неделю состоится плановая остановка работы предприятия для проведения техобслуживания, в связи с чем объем производства сократится вдвое. Разработайте план производства. Начальный объем материально-производственных запасов, и необходимый конечный объем указаны.

Таблица 2.2.1 – Задание 2 Вариант 1

Неделя	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	120	160	240	240	160	160	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	200					300	

Таблица 2.2.2 – Задание 2 Вариант 2

Неделя	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	140	200	200	240	140	160	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	100					200	

Таблица 2.2.3 – Задание 2 Вариант 3

Неделя	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	160	120	260	260	160	120	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	300					400	

Таблица 2.2.4 – Задание 2 Вариант 4

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1100	1400	700	800	700	900	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	650					200	

Таблица 2.2.5 – Задание 2 Вариант 5

Месяц	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Итого
Рабочие дни	20	22	20	20	18	19	
Прогнозируемый спрос	1500	1000	800	1200	600	500	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					600	

Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятию «Стратегия преследования».
2. Основная цель сводного планирования.
3. Преимущество стратегии преследования.
4. Что в планировании уровней остается неизменным из месяца в месяц?
5. Ключевое отличие зависимого спроса от независимого.

Лабораторная работа 3

Позаказное производство

Цель работы: разработка плана производства под заказ

Теоретические сведения

При производстве под заказ производитель ждет поступления заказа от клиента, и лишь затем приступает к изготовлению продукции.

Примеры таких изделий – одежда по индивидуальному заказу, оборудование и любые другие товары, которые изготавливаются в соответствии со спецификациями клиента. Очень дорогие изделия производятся обычно на заказ. Обычно предприятия работают под заказ, когда:

- товар производится в соответствии со спецификациями клиента;
- клиент готов ждать выполнения заказа;
- изготовление и хранение изделия дорого стоит;
- предлагается несколько вариантов изделия.

Сборка под заказ

Когда существует несколько вариантов изделия, как это бывает, например, в автомобилях, и когда клиент не согласен ждать выполнения заказа, производители изготавливают и хранят в запасе стандартные компоненты. Получив заказ от клиента, производители собирают изделие из имеющихся на складе компонентов в соответствии с заказом. Поскольку компоненты уже готовы, предприятию требуется время лишь на то, чтобы осуществить сборку, прежде чем товар будет отгружен клиенту. Примерами товаров, сборка которых выполняется под заказ, являются автомобили и компьютеры. Сборка под заказ – это вариант системы изготовления под заказ.

Для составления плана производства изделий, которые собираются под заказ, требуется следующая информация:

- прогноз по периодам на срок горизонта планирования;
- сведения о начальном портфеле заказов;
- необходимый конечный портфель заказов.

Портфель заказов

При работе по системе производства под заказ предприятие не хранит запасов готовых изделий. Работа основывается на портфеле невыполненных заказов клиентов. Портфель заказов обычно предполагает поставку в будущем и не содержит отказов и просроченных заказов. Мастерская по изготовлению на заказ деревянных изделий может иметь заказы от клиентов на несколько недель вперед. Это и будет портфель заказов. Новые поступающие от клиентов заказы становятся в очередь или добавляются к портфелю заказов. Производители

предпочитают контролировать портфель заказов, чтобы иметь возможность обеспечить высокий уровень обслуживания клиентов.

Общая процедура разработки плана равномерного позаказного производства:

1. Рассчитайте суммарный прогнозируемый спрос на срок горизонта планирования.
2. Определите начальный портфель заказов и требуемый конечный портфель заказов.
3. Рассчитайте необходимый суммарный объем производства по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Суммарный объем производства} = & \text{суммарный прогноз} + \\ & + \text{начальный портфель заказов} - \text{конечный портфель заказов} \end{aligned} \quad (3.1)$$

4. Рассчитайте требуемый объем производства в каждый период, разделив суммарный объем производства на количество периодов.

5. Распределите существующий портфель заказов по периодам горизонта планирования по датам завершения выполнения заказов в каждом периоде.

Таблица 3.1 – Пример итогового плана равномерного производства (производство под заказ)

Период	1	2	3	4	5
Прогноз продаж P(i)	100	100	100	100	100
Запланированный M(i) объем производства	104	104	104	104	104
Прогнозируемый портфель заказов O(i)	100	96	92	88	84

$$M(i) = [(P(1) + \dots + P(5)) + O(0) - O(5)]/5 \quad (3.2)$$

$$O(i) = O(i - 1) - M(i) + P(i) \quad (3.3)$$

Задача 3.1 Равномерное производство при сокращении объема портфеля заказов до указанного уровня

Начальный объем портфеля заказов указан. Прогнозируемый спрос указан в таблицах 3.1.1–3.1.5. Рассчитайте недельный объем производства при равномерном производстве, если предполагается сократить объем портфеля заказов до указанного уровня.

Таблица 3.1.1 – Задание 1 Вариант 1

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	600	700	700	700	600	500	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	800					400	

Таблица 3.1.2 – Задание 1 Вариант 2

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	500	700	600	800	600	600	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	700					300	

Таблица 3.1.3 – Задание 1 Вариант 3

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	400	700	900	700	400	700	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	800					400	

Таблица 3.1.4 – Задание 1 Вариант 4

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1000	700	900	700	400	700	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	800					400	

Таблица 3.1.5 – Задание 1 Вариант 5

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1000	700	900	700	300	700	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	300					200	

Задача 3.2 *Равномерное производство при увеличении объема портфеля заказов до заданного уровня*

Начальный объем портфеля заказов указан. Прогнозируемый спрос указан в таблицах 3.2.1–3.2.5. Рассчитайте недельный объем производства при

равномерном производстве, если предполагается увеличить объем портфеля заказов до заданного уровня.

Таблица 3.2.1 – Задание 2 Вариант 1

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1200	1100	1200	1200	1100	1000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	1000					1200	

Таблица 3.2.2 – Задание 2 Вариант 2

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1100	1100	1300	1100	1000	1200	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	800					1000	

Таблица 3.2.3 – Задание 2 Вариант 3

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1000	1300	1200	1100	1200	1000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	1100					1300	

Таблица 3.2.4 – Задание 2 Вариант 4

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	1300	1100	1300	1100	1000	1100	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	400					600	

Таблица 3.2.5 – Задание 2 Вариант 5

Период	1	2	3	4	5	6	Итого
Прогнозируемый спрос	900	100	1200	1100	1400	1000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем портфеля заказов	900					100	

Задача 3.3 Общая процедура разработки плана позаказного равномерного производства при равной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности

Рассчитать объемы равномерного производства M_i , $i = 1,6$, по этапам планирования при заданном начальном объеме портфеля заказов O_0 .

Рассчитать объемы товарных запасов на конец каждого текущего этапа планирования O_i .

Дать анализ полученных результатов на предмет удовлетворения заявленного спроса на весь период планирования.

В случае, если рассчитанная производственная программа не удовлетворяет спрос, произвести ее корректировку с учетом нарастающего итогового спроса по всем этапам планирования согласно приведенным ниже формулам (см. пример вычислений в табл. 3.3):

$$m_{opt} = \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{\sum_{k=1}^i P_k + O_0}{i} \right\} \quad (3.4)$$

$$O_i = O_{i-1} + P_i - m_{opt} \quad (3.5)$$

Проверить правильность вычисленных в таблице значений.

Таблица 3.3 – Пример итогового плана при равной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности

Период \ Величина	Начальный запас	1	2	3	4	5	6	Итого
P_i		50	50	100	50	70	200	520
M_i		70	70	70	70	70	70	420
O_i	0	-20	-40	-10	-30	-30	100	100
M_{iopt}		50	50	66,7	62,5	64	86,6	50
O_{iopt}		0	0	50	50	70	220	390

Задача 3.4 Общая процедура разработки плана позаказного равномерного производства при разной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности

Рассчитать объемы равномерного производства M_i , $i = 1,6$, по этапам планирования при заданном начальном объеме портфеля заказов O_0 :

а) рассчитать совокупную производственную потребность как совокупный спрос минус конечный портфель и плюс начальный портфель;

б) рассчитать объем равномерного производства в день, разделив совокупную производственную потребность на совокупную длительность этапов в днях;

в) рассчитать объем производства по этапам, умножением объема равномерного производства в день на длительность этапа в днях.

Рассчитать объемы товарных запасов на конец каждого текущего этапа планирования O_i .

Дать анализ полученных результатов на предмет удовлетворения заявленного спроса на весь период планирования.

В случае, если рассчитанная производственная программа не удовлетворяет спрос, произвести ее корректировку с учетом нарастающего итогового спроса по всем этапам планирования согласно приведенным ниже формулам (см. пример в табл. 3.4).

$$m_{opt}^d = \min_{1 \leq i \leq n} \left\{ \frac{\sum_{k=1}^i P_k + O_o}{\sum_{k=1}^i d_k} \right\} \quad (3.6)$$

$$O_i = O_{i-1} + P_i - m_{opt}^{(i)} \quad (3.7)$$

$$m_{opt}^{(i)} = m_{opt}^d \times d_i \quad (3.8)$$

Таблица 3.4 – Пример итогового плана при разной длительности периодов планирования с корректировкой плана при его несостоятельности

Период \ Величина	Начальный портфель	1	2	3	4	5	6	Итого
D_i		20	24	12	22	20	19	117
P_i		50	50	100	50	70	200	520
M_i		71,8	86,1	43	79	71,8	68,2	420(3,6)
O_i	0	-21,8	-57,9	-1	-30	-31,8	100	100
M_{dopt}		2,5	2,27	3,57	3,2	3,2	4,37	2,27
M_{iopt}		45,45	54,55	27,24	50	45,45	43,13	600
O_{iopt}		4,55	0	72,73	72,73	97,27	254,1	501,3

Проверить правильность вычисленных в таблице значений.

Контрольные вопросы

1. Если объем начального портфеля заказов составляет 400 единиц, прогнозируемый спрос – 600 единиц, а объемы производства – 800 единиц, каким будет конечный объем портфеля заказов?
2. Как влияет объем незавершенного производства на время выполнения заказа?
3. Чем оценивается эффективность производственной программы?
4. Что устанавливает производственная программа?
5. Объясните взаимосвязь приоритета и производительности.

Лабораторная работа 4

Планирование ресурсов

Цель работы: разработка плана потребности в ресурсах

Теоретические сведения

Завершив разработку предварительного плана производства, необходимо сравнить его с имеющимися в распоряжении компании ресурсами. Этот этап называется планированием потребности в ресурсах, или планированием ресурсов. Необходимо ответить на два вопроса:

1. Имеются ли у предприятия ресурсы для выполнения плана производства?
2. Если нет, как можно восполнить недостающие ресурсы?

Если невозможно достичь производительности, которая позволила бы выполнить план производства, то необходимо изменить план.

Одно из часто используемых средств – инвентаризационная опись ресурсов, содержащаяся в нормативной БД ERP–системы. В ней указано количество важнейших ресурсов (материалов, трудовых ресурсов и список единиц оборудования с указанием производительности), необходимых для производства одной среднестатистической единицы изделий данной номенклатурной группы продукции.

Задача 4.1 *Равномерное производство при производительности 20 единиц в день с различным количеством работников*

Исходя из приведенных в таблице данных, рассчитайте количество работников, которое потребуется для равномерного производства, при производительности 20 единиц в день. Кроме того, выясните объем запасов ежемесячно, при условии конечного объема запаса, указанного в таблицах 4.1.1–4.1.5.

Таблица 4.1.1 – Задание 1 Вариант 1

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	38000	40000	36000	35000	39000	42000	
Запланированный объем производства							

Окончание таблицы 4.1.1

Запланированный объем материально-производственных запасов	9000						1000	
Потребность в работниках (чел)	–							

Таблица 4.1.2 – Задание 1 Вариант 2

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	39000	42000	38000	33000	38000	40000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1000					6000	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.1.3 – Задание 1 Вариант 3

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	40000	40000	35000	38000	39000	38000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1000					6000	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.1.4 – Задание 1 Вариант 4

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	39000	40000	38000	35000	38000	40000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1000					8000	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.1.5 – Задание 1 Вариант 5

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	38000	42000	35000	36000	39000	40000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1000					7000	
Потребность в работниках (чел)	–						

Задача 4.2 Равномерное производство при прогнозируемом спросе

Исходя из приведенных в таблицах 4.2.1–4.2.5 данных, рассчитайте количество работников, которое потребуется для равномерного производства, и итоговый объем материально-производственных запасов в конце месяца. Каждый работник может производить 9 единиц в день, а необходимый конечный объем материально-производственных запасов указан в таблице.

Почему невозможно достичь запланированного конечного объема материально-производственных запасов?

Таблица 4.2.1 – Задание 2 Вариант 1

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	2800	3000	2700	3300	2900	3200	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1000					800	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.2.2 – Задание 2 Вариант 2

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	3000	3000	2700	3300	2900	3000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	900					700	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.2.3 – Задание 2 Вариант 3

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	2800	3000	2900	3300	2900	3000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	1200					900	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.2.4 – Задание 2 Вариант 4

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	3400	3000	2700	3300	2500	3000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	600					700	
Потребность в работниках (чел)	–						

Таблица 4.2.5 – Задание 2 Вариант 5

Месяц	1	2	3	4	5	6	Итого
Рабочие дни	20	24	12	22	20	19	
Прогнозируемый спрос	2600	3000	3100	3300	2900	3000	
Запланированный объем производства							
Запланированный объем материально-производственных запасов	500					900	
Потребность в работниках (чел)	–						

Контрольные вопросы

1. Что такое ресурсный план?
2. На что влияет ресурсный план?
3. Что влияет на ресурсный план?
4. Что такое ресурс?
5. В чем отличие ресурсного планирования при ограничении по времени и при ограниченных ресурсах?

Лабораторная работа 5

Моделирование процессов MRP планирования в ERP-системах

Цель работы: получение базовых навыков формулирования и решения задач MRP планирования в рамках понятийного аппарата ERP-методологии

Теоретические сведения

Блок планирования потребности в материалах (MRP – Material Requirements Planning):

А) формирует рекомендации по запуску заказов на пополнение запасов материалов на основании расчета потребности в материалах, при этом использует:

- данные спецификаций;
- данные о запасах;
- главный календарный план производства.

В) формирует рекомендации по перепланированию открытых заказов в том случае, если дата выполнения заказа и дата, когда получаемые по заказу изделия необходимы, не совпадают.

Линеаризация BOM

Классический MRP-алгоритм использует спецификацию BOM в линеаризованном представлении.

Спецификация BOM имеет вид дерева, корень которого соответствует продукту, вершины – составляющим (комплектующим) продукта.

На рисунке 5.1 дан пример такой древовидной структуры BOM. Корень дерева обозначает продукт А. Вершина В(2) обозначает, что комплектующая В входит в продукт А в двух экземплярах, С(3) – комплектующая С входит в продукт А в трех экземплярах. Аналогичным образом обозначаются вхождения комплектующих в другие комплектующие. Так F(2), G(5), H(4) подчиняются вершине С(3), что означает вхождение в каждую из трех комплектующих С комплектующей F в двух экземплярах, комплектующей G в пяти экземплярах, комплектующей H в четырех экземплярах.

В табличном представлении такого дерева каждой вершине соответствуют шесть величин (см. табл. 5.1, заполненную в соответствии с рис. 5.1, в порядке возрастания номеров подчиняющихся вершин):

- номер вершины (m);
- имя типа составляющей (n);
- номер вершины, которой подчиняется данная вершина (r);
- количество экземпляров составляющей типа n, входящих в подчиняющую вершину (s);
- общее количество экземпляров вершины m в составе корня дерева (S);

– сводное количество экземпляров комплектующей типа n в составе корня дерева (S).

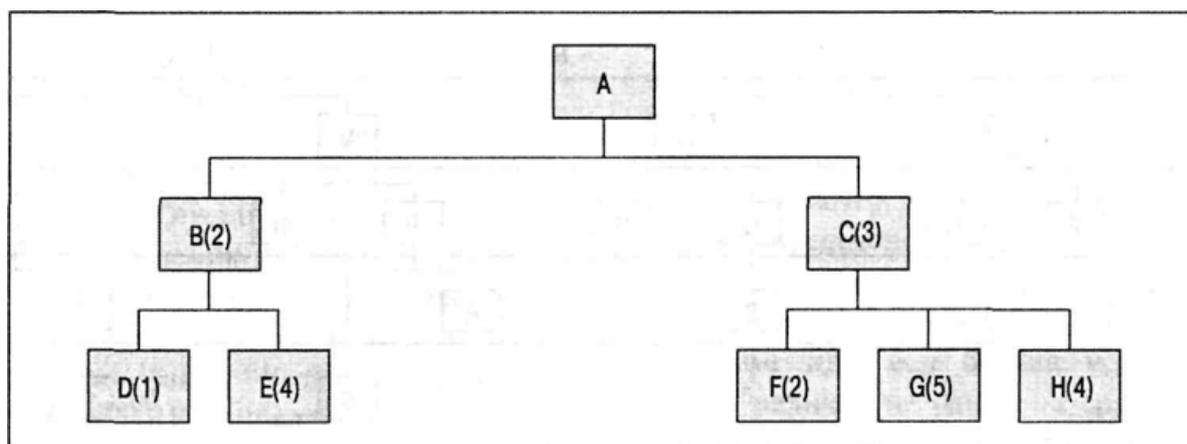


Рисунок 5.1 – Древоподобная структура BOM спецификации

Расчет линейного BOM выполняется в два этапа:

1) рассчитать количество экземпляров каждого вида комплектующих для каждой вершины дерева последовательным проходом по таблице сверху вниз:

$$\{S(1) = s(1) = 1, \dots, S(m) = s(m) \times S(r(m))\}, \quad (5.1)$$

2) просуммировать количество экземпляров комплектующих для вершин с одинаковыми именами видов комплектующих и сформировать линейный список с неповторяющимися именами.

Таблица 5.1 – Результирующая таблица BOM спецификации

Номер вершины (m)	Наименование типа (n)	Номер подчиняющей вершины (r)	Количество экземпляров (s)	Количество общее (S)	Линейный BOM
1	A	0	1	1	1
2	B	1	2	2	2
3	C	1	3	3	3
4	D	2	1	2	2
5	E	2	4	8	8
6	F	3	2	6	6
7	G	3	5	15	15

Общая процедура разработки MRP плана

Исходные данные

- 1) план производства продукта;
- 2) данные из производственной БД о материалах и продуктах, включая BOM, сроки поставки или изготовления;

3) начальные запасы материалов и комплектующих.

Требуется рассчитать

- 1) запасы на каждый этап планирования;
- 2) объемы закупок на каждый этап планирования;
- 3) плановые сроки запуска заявок на закупку или производство.

Ограничения

1) запасы на этап планирования i должны быть полностью заготовлены на предыдущем этапе ($i - 1$).

Процедура

1. Рассчитать по ВОР требуемые количества q_j материалов j разных видов на единицу продукции (линеаризация ВОР).

2. Рассчитать потребности Q_{ij} производства в материалах на каждом этапе планирования по формуле:

$$Q(i,j) = M_i \times g_j. \quad (5.2)$$

3. Рассчитать конечный объем запасов Z_{ij} каждого вида материалов j в каждый период i по формуле:

$$Z(i,j) = Z(i-1,j) - Q(i,j). \quad (5.3)$$

4. Рассчитать конечный объем закупки запасов P_{ij} каждого вида материалов j в каждый период i по формуле:

$$P(i,j) = Q(i,j+1) - Z(i,j). \quad (5.4)$$

5. Рассчитать плановые сроки выставления заявок T_{ij} (точки заказов) на закупку или производство каждого вида j материалов для каждого этапа планирования i по формуле:

$$T_{ij} = i - \Delta t_j, \quad (5.5)$$

где Δt_j – длительность операции поставки материалов вида j (берется из производственной BD).

В таблице 5.2 представлен пример результатов работы MRP алгоритма (планирование в комплектах), при условии изготовления в течение недели с оценкой ограничения по мощности.

Желтым закрашены исходные данные. Общая MRP потребность означает количество комплектов материалов, необходимых производству.

Предполагается, что они изготавливаются за одну неделю, поэтому план их производства получается сдвигом чистой MRP потребности влево на одну неделю.

Красным цветом обозначена нехватка наличных ресурсов производства комплектующих (моделируется работа блока CRP).

Таблица 5.2 – Результаты работы MRP алгоритма

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP-потребность		25	10	50	0	200
Наличие (нехватка) на складе	40	15	5	-45	0	-200
Чистая MRP-потребность				45		200
План производства			45		200	
Плановое кол-во на складе	40	15	5			
Доступные мощности в часах	700	600	800	300	900	700
Потребности в мощностях (в часах)			450		2000	

Временная диаграмма сборочного процесса, показывающая точки заказов, необходимые для обеспечения планового выпуска готовой продукции, представлена на рисунок 5.2.

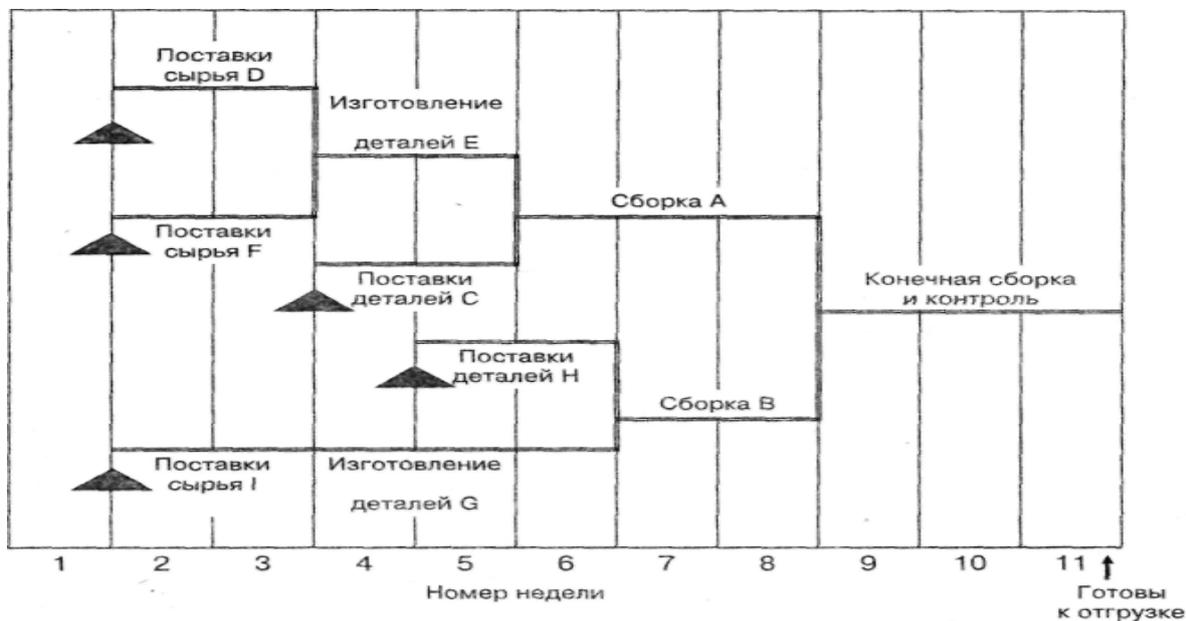


Рисунок 5.2 – Пример временной диаграммы сборочного процесса

Задача 5.1 План MRP с учетом изготовления и поставки комплекта – 1 неделя

Рассчитать план MRP в комплектах – условие: изготовление и поставка комплекта – 1 неделя

Таблица 5.1.1 – Задание 1 Вариант 1

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		30	0	20	70	40
Наличие на складе (нехватка)	35					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						

Таблица 5.1.2 – Задание 1 Вариант 2

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		10	20	0	50	30
Наличие на складе (нехватка)	40					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						

Таблица 5.1.3 – Задание 1 Вариант 3

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		25	10	50	0	20
Наличие на складе (нехватка)	40					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						

Задача 5.2 Линейный план ВОМ

Таблица 5.2.1 – Задание 2 Вариант 1

Номер вершины	Наименование типа	Номер подчиняющей вершины	Количество	Количество общее (S)	Линейный ВОМ
1	A	0	1		
2	B	1	2		
3	C	1	3		
4	D	2	1		
5	E	2	4		
6	F	3	2		
7	D	3	5		
8	H	3	4		

Таблица 5.2.2 – Задание 2 Вариант 2

Номер вершины	Наименование типа	Номер подчиняющей вершины	Количество	Количество общее (S)	Линейный ВОМ
1	A	0	1		
2	B	1	2		
3	C	1	3		
4	D	2	1		
5	E	2	4		
6	F	3	2		
7	G	3	5		
8	E	3	4		

Таблица 5.2.3 – Задание 2 Вариант 3

Номер вершины	Наименование типа	Номер подчиняющей вершины	Количество	Количество общее (S)	Линейный ВОМ
1	A	0	1		
2	B	1	2		
3	C	1	3		

Окончание таблицы 5.2.3

4	D	2	1		
5	E	2	4		
6	E	3	2		
7	G	3	5		
8	H	3	4		

Задача 5.3 Построении графика точек заказа

Изделие *X* изготавливается из двух узлов *Y* и трех узлов *Z*; *Y* состоит из одной детали *A* и двух деталей *B*; *Z* состоит из двух деталей *A* и четырех деталей *C*.

Время выполнения заказа по изделию *X* равно одной неделе; *Y* – две недели; *Z* – три недели; *A* – две недели; *B* – одна неделя и *C* – три недели.

1. Составьте список материалов (нарисовать дерево структуры продукта).
2. Разработайте график точек заказа, показывающий, когда и в каких количествах необходимо заказывать каждый из перечисленных элементов при условии, что на 10-й неделе понадобятся 100 изделий *X*.

Вариант 1.

Рассчитать график при условии, что начальные наличные запасы равны 40 для *X*, 60 – для *Y*, 80 – для *Z*, 300 – для *A*, 100 – для *B* и 800 – для *C*.

Вариант 2.

Рассчитать график при условии, что начальные наличные запасы равны 20 для *X*, 40 – для *Y*, 30 – для *Z*, 50 – для *A*, 100 – для *B* и 900 – для *C*.

Вариант 3.

Рассчитать график при условии, что начальные наличные запасы равны 40 для *X*, 30 – для *Y*, 20 – для *Z*, 60 – для *A*, 80 – для *B* и 800 – для *C*.

Таблица 5.3 – Форма представления результатов

Неделя										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		B()								
						Y()				
				A()						
	A()							X()		
					Z()					
		C()								

Задача 5.4 Древовидный план ВОР

Изделие *M* при изготовлении использует узлы *N,P,R* и детали *S,T,U*.

1. Составьте список материалов (дерево структуры продукта).
2. Если понадобятся 100 изделий *M*, то сколько потребуется каждого из перечисленных выше видов элементов.

Таблица 5.4.1 – Задание 4 Вариант 1. Матрица состава

	N	P	R	S	T	U
M	3	5				
N			4	3		
P					2	4
R				1	3	

Таблица 5.4.2 – Задание 4 Вариант 2. Матрица состава

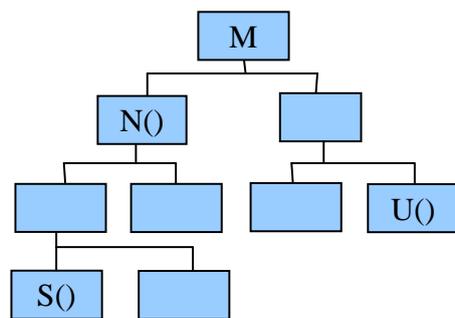
	N		P	R	S	T	U
M	3		2				
N				4	3		
P						3	4
R					3	1	

Таблица 5.4.3 – Задание 4 Вариант 3. Матрица состава

	N	P	R	S	T	U
M	3	2				
N			4	3		
P					3	4
R				3	1	

Таблица 5.4.4 – Форма представления результатов

	N	P	R	S	T	U
M(100)						
N						
P						
R						
□(100)						



Задача 5.5 MRP-план и график заказов комплектующих для сборочного производства

Рассчитать MRP – план и график заказов комплектующих для сборочного производства

Вариант 1. Пересчитать план при начальных запасах CE3 = 2, КЭ = 1

Вариант 2. Пересчитать план при начальных запасах CE1 = 2, КЭ = 1

Вариант 3. Пересчитать план при начальных запасах CE1 = 2, КЭ = 1, CE2 = 2

Варианты 4, 5, 6. Представить результаты вариантов 1–3 в представленном ниже формате.

Таблица 5.5.1 – Исходные данные из производственной BD

Схема сборки агрегата 	Наименование элемента	Количество в комплекте	Длительность периода производства или поставки	
			дней	расшифровка
	А	1	1	Сборка и доставка потребителю Изготовление Изготовление Изготовление Выполнение заказа на закупку
	CE1	2	5	
	CE2	1	1	
	CE3	1	1	
	КЭ	1	4	

Таблица 5.5.2 – Пример работы алгоритма MRP

№	MRP реквизиты	Календарные дни								Компоненты
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Спрос								1	А
2	План производства							1		
3	Общая MRP потребность							3		CE3
								1		CE2
								2		CE1
							1			КЭ
4	Наличный запас комплектующих на складе	2	2	2	2	2	2	2		CE3

Окончание таблицы 5.5.2

										СЕ1
										КЭ
5	Приход в соответствии с производственным планом							1		СЕ3
								1		СЕ2
								2		СЕ1
							1			КЭ
6	Заказ – требование на компоненты (+ точка заказа)						1			СЕ3
							1			СЕ2
		2								СЕ1
		1								КЭ

Таблица 5.5.3 – MRP–план и график заказов комплектующих для сборочного производства

Неделя										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		B()								
						Y()				
				A()						
	A()							X()		
					Z()					
		C()								

Задача 5.6 MRP–план и график заказов комплектующих для сборочного производства

1. Рассчитать план MRP в комплектах – условие: изготовление и поставка комплекта – 1 неделя.
2. Рассчитать ежемесячную потребную мощность в часах, если на комплект 10 часов и сравнить с профилем доступной мощности.
3. Указать количества для изготовления сторонними предприятиями.

Таблица 5.6.1 – Задание 6 Вариант 1

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		30	0	20	70	40
Наличие на складе (нехватка)	35					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						
Доступные мощности в часах	400	500	500	500	350	500
Потребности в мощностях (в часах)						

Таблица 5.6.2 – Задание 6 Вариант 2

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		10	20	0	50	30
Наличие на складе (нехватка)	40					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						
Доступные мощности в часах	100	200	250	300	350	400
Потребности в мощностях (в часах)						

Таблица 5.6.3 – Задание 6 Вариант 3

Период (неделя)	0	1	2	3	4	5
Общая MRP потребность		25	10	50	0	20
Наличие на складе (нехватка)	40					
Потребность чистая						
Запустить в производство (план)						
Плановое кол-во на складе						
Доступные мощности в часах	700	600	800	300	900	700
Потребности в мощностях (в часах)						

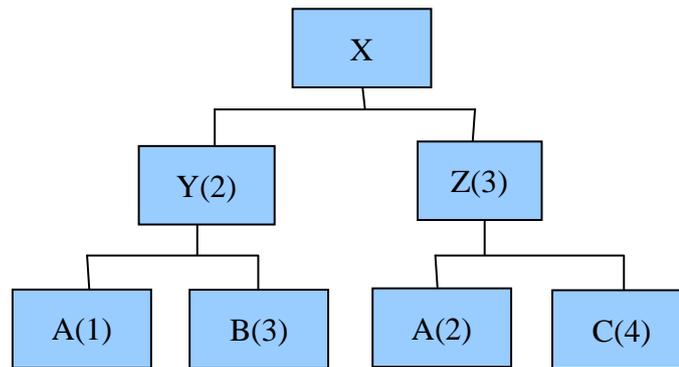


Рисунок 5.3 – Формат решения задачи (график заказов)

Таблица 5.6.4 – Формат решения задачи (план заказов)

Компонента	Количество (лин. ВОМ)	Время на изготовление/поставку (недели)
X	100	1
Y	200	2
Z	300	3
A	$200 + 600 = 800$	2
B	600	1
C	1200	3

Рассчитать график при условии, что начальные наличные запасы равны 40 для X, 30 – для Y, 20 – для Z, 60 – для A, 80 – для B и 800 – для C.

Таблица 5.6.5 – Формат решения (график заказов)

Неделя									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					B(190)				
						Y($120 - 30 = 90$)			
				A(30)					
			A(320)					X(60)	
					Z($180 - 20 = 160$)				
		C($640 - 800 = -160$)							

Красным цветом отмечается наличие запасов комплектующих,

исключающее необходимость их закупки.

Контрольные вопросы

1. Что такое ВОР?
2. Цели применения ВОР.
3. Представим, что компания занимается производством настольных ламп, и нам нужно спланировать закупки для изготовления 500 ламп в следующем месяце. Как ВОР может быть использован для планирования закупок?
4. Сравните MRP и ERP.
5. Преимущества MRP-систем.

Лабораторная работа 6

Управление стоимостью/риском и закупками при проектировании информационных систем

Цель работы: заключается в изучении методики оценки стоимости при проектировании ИС и методики обосновании выбора фирм-поставщиков компьютерной техники.

Теоретические сведения

Управление стоимостью/риском проекта

1. Оценка стоимости проекта. Мы оцениваем стоимость и выгоду от предлагаемого проекта новой информационной системы для того, чтобы быть уверенными, что обладаем достаточными ресурсами и чтобы гарантировать, что новая информационная система более эффективная по стоимости, чем старая система.

1.1 Категории стоимости. Мы оцениваем стоимость новой и старой информационной системы по следующим категориям:

- **оборудование:** компьютеры, периферийные устройства (напр., принтеры);
- **программы:** приобретение или аренда систем, утилит и программных приложений;
- **люди:** аналитики, программисты, операторы и персонал для ввода данных;
- **средства телекоммуникации:** модемы, прокладка локальных сетей и т. д.;
- **оборудование мест:** кондиционеры, контроль влажности, безопасность, покрытие полов, и т. д.

1.2 Матрица затрат. Стоимость вышеперечисленных категорий для новой и текущей информационных систем проецируется на будущее, как правило, на период 5 лет. Эти предполагаемые затраты помещаются в матрицу затрат.

1.3 Матрица затрат имеет следующие части:

- оценка стоимости текущей информационной системы, спроецированная на 5 лет вперед;
- оценка стоимости предлагаемой новой информационной системы, спроецированная на 5 лет вперед;
- стоимость новой информационной системы выше первые два года, затем опускается ниже уровня стоимости старой информационной системы; это результат одноразовой стоимости разработки (т. е. программирования);
- строка 3 в матрице затрат, приведенной ниже, показывает ежегодную разницу стоимости новой системы по сравнению с текущей; эта разница отрицательна в первые два года, когда происходит разработка новой системы;

– строка 4 в матрице затрат, приведенной ниже – кумулятивная разница между текущей и предлагаемой системой. Кумулятивная разница отрицательная до конца 4-го года. Это значит, что новая система окупится немного меньше, чем за 4 года; экономия от ее работы возместит стоимость разработки примерно через 4 года.

Таблица 6.1 – Матрица затрат (* – данные на конец года)

Стоимость системы*	1	2	3	4	5
1. Текущая система	22	28	37	49	62
2. Новая система	62	42	14	15	16
3. Разница	-40	-14	+23	+34	+46
4. Кумулятивная разница	-40	-54	-31	+3	+49

1.4 Следующий шаг – сравнение экономик новой информационной системы и текущей системы:

- модель точки окупаемости;
- модель периода возврата средств.

1.5 Модель точки окупаемости. Эта модель определяет, в какой момент времени предлагаемая новая система перестает быть убыточной. Эта модель представлена на рисунке ниже.

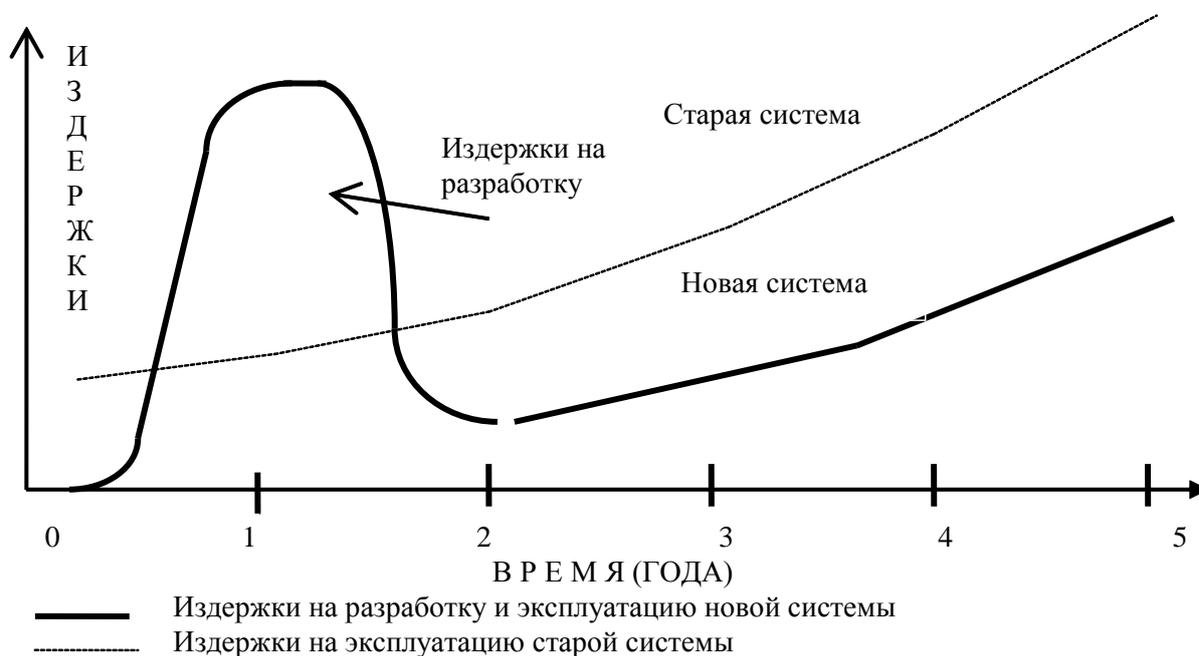


Рисунок 6.1 – Модель точки окупаемости

Точка равных издержек

Вертикальная ось – стоимость; горизонтальная ось – время в годах.

Стоимость новой системы представлена толстой линией.

Стоимость старой (текущей) системы представлена тонкой линией.

В первые полтора года стоимость новой системы выше, чем старой. В этот период действует стоимость разработки новой информационной системы.

Однако, когда новая система реализована, ее стоимость падает ниже стоимости старой системы.

Момент пересечения стоимостей новой и старой системы называется точкой окупаемости, которая равна 1,5 лет.

Точка окупаемости показывает, как долго мы тратим больше средств на новую систему до того, как она начнет приносить ожидаемую экономию по сравнению с текущей информационной системой.

1.6 Период возврата средств. Точка окупаемости не говорит нам, сколько пройдет времени, пока экономия от новой системы не возместит стоимость разработки новой системы. Мы используем модель периода окупаемости, чтобы определить это время.

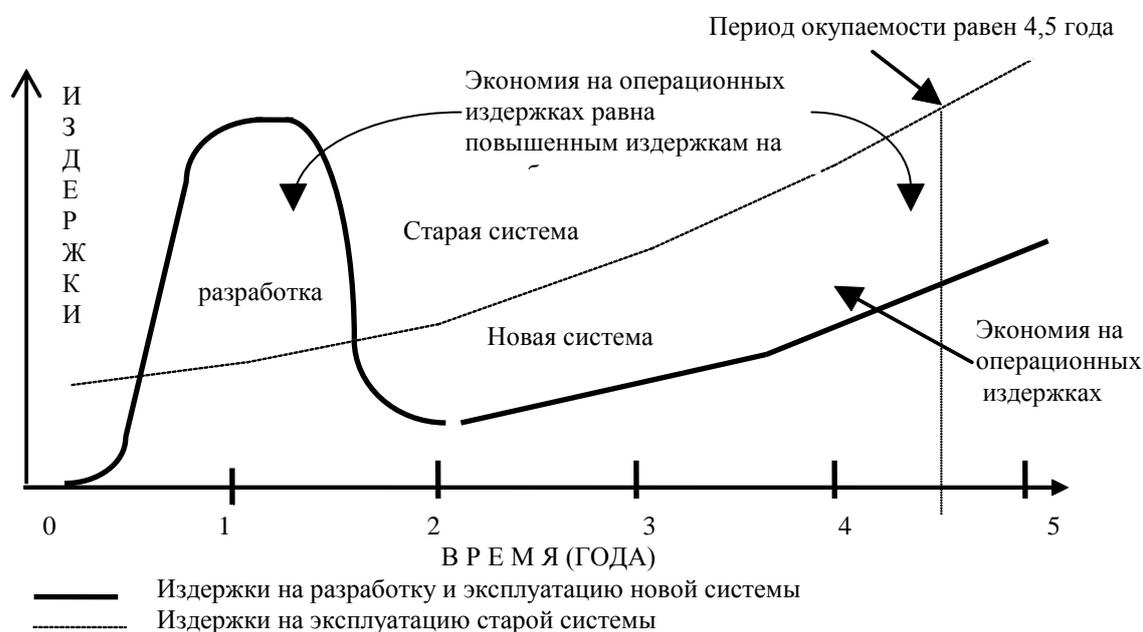


Рисунок 6.2 – Модель периода окупаемости

Окупаемость

1.7 Вертикальная линия – точный момент времени, в который площадь, помеченная «Разработка», равняется площади, обозначенной «Экономия от использования».

Вертикальная линия – период возврата средств.

Это можно определить графически, но мы можем сделать это алгебраически:

$$ПВ = ПГОР + \frac{АЗКР}{АЗКР + ППГР}, \quad (6.1)$$

где ПВ – период возврата; ПГОР – последний год отрицательной разницы;

АЗКР – абсолютное значение кумулятивной разницы (последний отрицательный); ППГР – первый позитивный год.

В строке 4 3-й год был последним годом с отрицательной кумулятивной разницей.

Абсолютная кумулятивная разница в последний отрицательный год (3-й) равна 31.

Абсолютное значение кумуляты первого положительного года равно 3.

Поэтому:

$$ПВ = 3 + \frac{31}{31 + 3} = 3,91 \text{ года или } 3 \text{ года } 11 \text{ месяцев.}$$

Период возврата используется в следующих случаях: предположим, предлагаются две новых информационных системы, но мы располагаем только ресурсами для поддержки одной системы. Выбирается система с наименьшим периодом возврата.

Задание 6.1

«Фортун Дэйри» – фирма, расположенная в Сакраменто штат Калифорния, США. «Фортун» рассматривает разработку информационной системы, которая будет оформлять (посылать) заказы продавцам.

Изучите цифры затрат, представленные в таблицах 6.2–4, и выполните следующее:

1. Оцените стоимость текущей и новой системы в течение 5 лет.
2. Постройте матрицу затрат.
3. Рассчитайте точку окупаемости.
4. Рассчитайте период возврата.

Таблица 6.2 – Ежегодная стоимость текущей системы

Категории затрат	Текущие ежегодные затраты	Проектируемое ежегодное увеличение
Оборудование	\$75000	5 %
Программы	\$18000	Нет
Персонал	\$70000	10 %
Снабжение	\$55000	10 %
Телекоммуникации	\$25000	5 %
Оборудование мест	\$11000	10 %

Таблица 6.3 – Проектируемая ежегодная стоимость новой системы

Категория затрат	Затраты первого года	Проектируемое ежегодное увеличение
Оборудование	\$14000	Нет
Программы	\$10000	Нет
Персонал	\$40000	10 %
Снабжение	\$35000	10 %
Телекоммуникации	\$10000	5 %
Оборудование мест	\$6000	\$15000

Таблица 6.4 – Оценка затрат на разработку новой системы (разработка займет 12 месяцев)

Категория	Оценка затрат
Затраты	
Приобретение оборудования	\$120000
Приобретение программ	\$20000
Аналитики/программисты	\$135000
Подготовка компьютерных мест	\$9000
Подготовка пользователей	\$5000
Документация	\$3000
Замена системы	\$4000

Содержание отчета

1. Файл Microsoft Excel с названием лабораторной работы.
2. Каждое выполненное задание на отдельном листе.

Контрольные вопросы

1. По каким категориям оценивается стоимость старой и новой информационной системы?
2. Основные части матрицы затрат.

Лабораторная работа 7

Использование баз данных при управлении продажами продукции предприятия

Цель работы: Изучить принципы построения баз данных, освоить правила создания и редактирования таблиц в СУБД Microsoft Access , освоить приемы создания запросов.

Теоретические сведения

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ

1.1 ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Современные информационные системы характеризуются большими объемами хранимых данных, их сложной организацией, а также высокими требованиями к скорости и эффективности обработки этих данных. Это становится возможным при использовании специальных программных средств – систем управления базами данных (СУБД).

База данных (БД) – это *поименованная совокупность данных, относящихся к определенной предметной области.*

Система управления базами данных – это *комплекс программных и языковых средств, необходимых для создания, обработки баз данных и поддержания их в актуальном состоянии.*

Почти все современные СУБД основаны на *реляционной* модели данных. Название «реляционная» связано с тем, что каждая запись в такой базе данных содержит информацию, относящуюся (related) только к одному объекту. Кроме того, с данными о двух объектах можно работать как с единым целым, основанным на значениях связанных между собой данных. Все данные в реляционной БД представлены в виде таблиц. Каждая строка таблицы содержит информацию только об одном объекте и называется *записью*. Столбец таблицы содержит однотипную для всех записей информацию и называется *полем*.

Для успешного функционирования базы данных важна правильная организация данных в ней. При определении структуры данных в базе выделяют следующие основные понятия.

Класс объектов – совокупность объектов, обладающих одинаковым набором свойств. Например, в базе данных о вузе классами объектов являются студенты, преподаватели, предметы. Для каждого отдельного объекта из данного класса объектов в таблице создается отдельная запись.

Свойство (атрибут) – определенная часть информации о некотором объекте. Хранится в виде столбца (поля) таблицы. Например, *фамилия, имя, отчество* – это свойства для объекта *Студент*.

Связь (отношение) – способ, которым связана информация о разных объектах.

1.2 ТИПЫ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОБЪЕКТАМИ

Основным структурным компонентом базы данных, как правило, является таблица. При определении состава таблиц следует руководствоваться правилом: **в каждой таблице должны храниться данные только об одном классе объектов**. Например, в одной таблице нельзя хранить анкетные данные студента и фамилии преподавателей, которым он сдавал экзамены, т. к. это свойства разных классов объектов.

Если в базе данных должна содержаться информация о разных классах объектов, то она должна быть разбита на отдельные таблицы. Связь между таблицами осуществляется с помощью общих полей.

Связи между любыми двумя таблицами относятся к одному из трех типов: один-к-одному (1:1), один-ко-многим (1:M) и много-ко-многим (M:M).

Связь типа «один-к-одному» (1:1)

При этом типе связи каждой записи в одной таблице соответствует не более одной записи в другой таблице. Этот вид связи встречается довольно редко. В основном в тех случаях, когда часть информации об объекте либо редко используется, либо является конфиденциальной (такая информация хранится в отдельной таблице, которая защищена от несанкционированного доступа).

Связь типа «один-ко-многим» (1:M)

При таком типе связи каждой записи в одной таблице соответствует несколько записей в связанной таблице. Этот наиболее распространенный тип связей. Для его реализации используются две таблицы. Одна из них представляет сторону «один», другая – сторону «много». Например, нужно иметь информацию о студентах и результатах сдачи ими экзаменов (дата сдачи, предмет, оценка и т. д.). Если все это хранить в одной таблице, то ее объем неоправданно возрастет, т. к. в ней для каждой записи об очередном экзамене должны повторяться все анкетные сведения о студенте. Поскольку *Студент* и *Экзамены* – это разные классы объектов, то и свойства их должны храниться в разных таблицах.

Решением этой задачи является создание двух таблиц. Условно назовем их *Студенты* и *Экзамены*. В каждой из них хранятся соответствующие свойства. Для связи этих таблиц нужно использовать только часть информации о студенте, сдающем экзамен. Но она должна однозначно определять каждого студента среди всех. Такой информацией может явиться, например, номер зачетки (он уникален для каждого студента).

В таблице со стороны «один» (в нашем примере *Студенты*) такие поля называются **ключевыми**. **Основное требование к значениям в ключевых полях – это их уникальность для каждой записи (т. е. они не должны повторяться).**

Связь типа «много-ко-многим» (М:М)

При таком типе связи множеству записей в одной таблице соответствует множество записей в связанной таблице. Большинство современных СУБД непосредственно не поддерживают такой тип связи. Для его реализации такая связь разбивается на две связи типа один-ко-многим. Соответственно, для хранения информации потребуется уже три таблицы: две со стороны «много» и одна со стороны «один». Связь между этими тремя таблицами также осуществляется по общим полям.

Порядок выполнения работы

Требуется создать базу данных для управления продажами продукции, выпущенной на предприятии, содержащую сведения о продукции, покупателях и продаже продукции покупателям.

База данных должна содержать четыре таблицы: «Продукция», «Покупатели», «Продажа продукции покупателям», «Банки».

Для выполнения задания требуется выполнить следующую последовательность действий:

1. Запустить СУБД Microsoft Access.
2. Создать новую базу данных (Меню «Файл» → «Создать»).

3. Создать первую таблицу базы данных «Продукция» в режиме конструктора. Имена полей, типы данных и некоторые свойства полей приведены в таблице 7.1. Другие свойства полей оставить со значениями по умолчанию (кроме поля «Дата выпуска»). Поле «Код продукции» назначить ключевым.

Таблица 7.1 – Структура и свойства таблицы «Продукция»

Имя поля	Тип данных	Значения свойств поля во вкладке «Общие»		
		Обязательное поле	Пустые строки	Индексированное поле
Код продукции	Счетчик	По умолчанию	-	По умолчанию
Наименование	Текстовый	Да	Нет	Да (совпадения не допускаются)
№ Цеха	Числовой	Да	-	Нет
Дата выпуска	Дата/время	Да	-	Да (допускаются совпадения)
Себестоимость	Денежный	Да	-	Нет
Отпускная цена	Денежный	Да	-	Нет

Для поля «Дата выпуска» задать формат поля «Краткий формат даты» и соответствующую маску ввода.

4. Создать таблицу данных «Банки», имеющую следующую структуру и свойства (таблица 7.2). Поле «Код банка» назначить ключевым.

Таблица 7.2 – Структура и свойства таблицы «Банки»

Имя поля	Тип данных	Значения свойств поля во вкладке «Общие»		
		Обязательное поле	Пустые строки	Индексированное поле
Код банка	Счетчик	По умолчанию	-	По умолчанию
Наименование	Текстовый	Да	Нет	Да (совпадения не допускаются)

5. Создать таблицу данных «Покупатели», структура и свойства которой приведены в таблице 7.3. Поле «Код покупателя» назначить ключевым.

Таблица 7.3 – Структура и свойства таблицы «Покупатели»

Имя поля	Тип данных	Значения свойств поля во вкладке «Общие»		
		Обязательное поле	Пустые строки	Индексированное поле
Код покупателя	Счетчик	По умолчанию	-	По умолчанию
Наименование	Текстовый	Да	Нет	Да (совпадения не допускаются)
УНН	Числовой	Да	-	Нет
Код банка	Числовой	Да	-	Нет
№ счета	Числовой	Да	-	Нет
Телефон	Текстовый	Нет	Нет	Нет

Для поля «Телефон» создать маску ввода.

Для поля «Код банка» создать список подстановки. Для этого необходимо в области «Свойства поля» перейти к вкладке «Подстановка» и установить следующие значения свойств:

- тип элемента управления – Поле со списком;
- тип источника строк – Таблица или запрос;
- присоединенный столбец – 1;
- число столбцов – 2;
- заглавия столбцов – Да;
- ширина списка – 10.

В свойстве «Источник строк» должен содержаться запрос, включающий в себя поля «Код банка», «Наименование» таблицы «Банки». Запрос создается с помощью построителя запросов, который вызывается путем нажатия на кнопку со знаком ... справа от поля ввода данных для свойства «Источник строк».

6. Создать таблицу данных «Продажа продукции покупателям», структура и свойства которой приведены в таблице 7.4. Поле «Код продажи» назначить ключевым.

Таблица 7.4 – Структура и свойства таблицы «Продажа продукции покупателям»

Имя поля	Тип данных	Значения свойств поля во вкладке «Общие»	
		Обязательное поле	Индексированное поле
Код продажи	Счетчик	По умолчанию	По умолчанию
Код покупателя	Числовой	Да	Нет
Код продукции	Числовой	Да	Нет
Количество	Числовой	Да	Нет
Дата продажи	Дата/время	Да	Нет

Для поля «Дата продажи» создать маску ввода.

Для полей «Код покупателя» и «Код продукции» создать списки подстановки, аналогично таблице «Покупатели».

7. После создания и сохранения всех таблиц необходимо создать связи между таблицами. Для этого необходимо нажать на кнопку «Схема данных» на панели инструментов.

Добавить на схему все таблицы и путем соединения ключевого поля с одноименным полем связанной таблицы создать связи. При создании связи обеспечить целостность данных. Схема данных должна иметь вид, подобный показанному на рисунке 7.1.

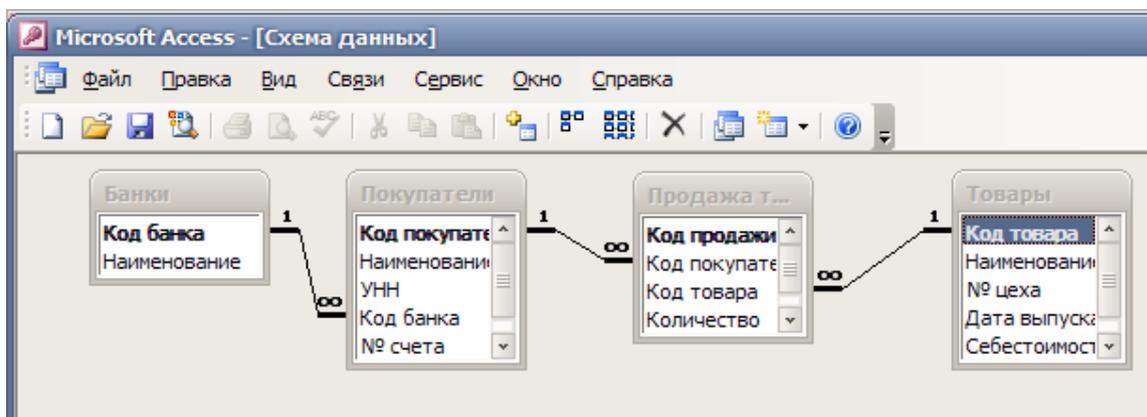


Рисунок 7.1 – Схема данных

8. Заполнить таблицы базы данных в следующем порядке: «Банки», «Продукция», «Покупатели», «Продажа продукции покупателям». Каждая таблица должна содержать 5–10 записей.

9. Разработать запрос, содержащий сведения о продажах (наименование продукции, наименование покупателя, УНН, наименование банка, № счета, дата продажи, себестоимость и отпускную цену продукции, количество продукции), осуществленных после 1 января 2008 года. Также для каждого наименования товара рассчитать полную себестоимость проданной партии, стоимость партии, прибыль и рентабельность.

10. Разработать запрос, возвращающий сведения о продажах покупателю, наименование которого вводится с клавиатуры.

11. Разработать запрос, возвращающий сведения о продажах товара, наименование которого вводится с клавиатуры.

Содержание отчета

1. Файл Microsoft Access.
2. Четыре связанные и заполненные таблицы.
3. Три запроса.

Контрольные вопросы

1. Что такое база данных?
2. Что такое система управления базами данных?
3. Перечислите типы связей между двумя любыми таблицами.

Лабораторная работа 8

*Решение задач линейного программирования с помощью программы *maple**

Цель работы: изучить методику поиска оптимальных решений при решении транспортных задач

Теоретические сведения

Общая идея симплексного метода: последовательное улучшение плана путём перехода от одного допустимого плана к другому – нехудшему.

Пусть ЗЛП представлена системой ограничений в каноническом виде:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j = b_i; \quad b_i \geq 0 \quad (i = 1, \dots, m). \quad (8.1)$$

Ограничение ЗЛП имеет предпочтительный вид, если при неотрицательности правой части левая часть ограничения содержит переменную, входящую с коэффициентом, равным единице, а в остальные ограничения-равенства – с коэффициентом, равным нулю.

Если каждое ограничение ЗЛП в каноническом виде имеет предпочтительный вид, то говорят, что *система ограничений представлена в предпочтительном виде*.

В этом случае легко найти её опорное решение: все свободные переменные нужно приравнять нулю, и найти базисные.

Например, в системе ограничений: базисными являются переменные x_2, x_3 и x_4 , свободными x_1, x_5 ; начальный опорный план $(0, 10, 80, 32, 0)$.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - x_5 = 10 \\ 2x_2 + x_3 + 3x_5 = 80 \\ -5x_1 + x_4 + 2x_5 = 32 \\ x_j \geq 0; (j = 1, \dots, 5) \end{cases} \quad (8.2)$$

Для решения симплексным методом ЗЛП в неканонической форме переходят к эквивалентной ЗЛП в канонической форме (см. пункт «Эквивалентность и способы преобразования»).

Симплексные таблицы. Признак оптимальности опорного плана

При решении ЗЛП симплексным методом используются симплексные таблицы, заполняемые согласно условию задачи. Составляется симплексная таблица для ЗЛП с ограничениями (табл. 8.1).

Таблица 8.1 – Симплексная таблица.

БП	С _Б	A ₀	x ₁	x _i	x _m	x _{m+1}	x _j	x _n
			c ₁	c _i	c _m	c _{m+1}	c _j	c _n
x ₁	c ₁	b ₁	1	0	0	a _{1 m+1}	a _{1 j}	a _{1 n}
x _i	c _i	b _i	0	1	0
x _m	c _m	b _m	0	0	1	a _{m m+1}	a _{m j}	a _{m n}
z _j -c _j		Δ ₀	0	0	0	Δ _{m+1}	Δ _j	Δ _n

$c_B = (c_1; c_2; \dots; c_m)$ – вектор коэффициентов целевой функции при базисных переменных;

$A_0 = (b_1; b_2; \dots; b_m)^T$ – вектор-столбец свободных переменных;

$A_{ij} = (a_{1j}; a_{2j}; \dots; a_{mj})^T$ – вектор-столбец переменных;

a_{ij} – коэффициент при x_j , в j -ом ограничении;

$\Delta = (c_B)^T A_{0j} - c_j; c_0 = 0$. – оценки ($\Delta_0 = \max(\min)Z$)

Теорема 1 Пусть исходная задача решается на максимум. Если для некоторого опорного плана все оценки неотрицательны, то такой план оптимален.

Теорема 2 Если исходная задача решается на минимум и для некоторого опорного плана все оценки неположительны, то такой план оптимален.

Переход к нехудшему опорному плану

В случае если начальный опорный план оказывается неоптимальным, используя симплексные преобразования, переходят к нехудшему опорному плану (первой итерации), если новый опорный план оказывается неоптимальным, переходят к следующему (следующей итерации). Итерационный процесс завершается при отыскании оптимального плана, выявлении неограниченности множества решений или несовместности системы ограничений.

План перехода к следующей итерации

- а). Определяются разрешающие столбец (j_0), строку (i_0) и элемент ($a_{i_0 j_0}$).
- б). Вводятся разрешающий элемент в базис ($x_i \leftrightarrow x_j$, где x_i – «старая» базисная переменная, а x_j – «новая» базисная переменная).
- с). Все элементы разрешающей строки делятся на разрешающий элемент.

d). Все элементы разрешающего столбца, кроме разрешающего элемента, зануляются.

e). Остальные элементы таблицы пересчитываются, и выполняется контроль вычислений, а также проверяется, является ли полученный план нехудшим.

Правила выбора разрешающего элемента, пересчёта элементов симплексной таблицы и контроля вычислений при переходе к следующей итерации.

Разрешающий столбец $j_0 = \min_{j=1, \dots, m} \Delta_j$.

Для положительных элементов разрешающего столбца вычисляются симплексные соотношения, и выбирается разрешающая строка i_0 по правилу:

$$i_0 = \min_{i=1, \dots, n} (b_i / a_{ij_0}) \Leftrightarrow a_{ij_0} > 0. \quad (8.3)$$

Элемент, находящийся на пересечении i_0 и j_0 ($a_{i_0 j_0}$) – разрешающий.

Верхним индексом обозначается номер итерации. Переменная, соответствующая разрешающему столбцу, вносится в базис ($s + 1$) итерации вместо переменной, соответствующей разрешающей строке базиса s -ой итерации. Пересчёт элементов таблицы (за исключением элементов разрешающих строки и столбца) осуществляется по правилу:

$$a_{ij}^{s+1} = a_{ij} - (a_{ij_0} \cdot a_{i_0 j}) / a_{i_0 j_0}; (a_{ij} \in \tilde{A}), \quad (8.4)$$

где \tilde{A} матрица, объединяющая A_0 , коэффициенты при x_{ij} ограничениях и оценочную строку (Δ) (визуально в нахождении a_{ij}^{s+1} участвуют элементы, находящиеся в углах прямоугольника, одна из диагоналей которого – разрешающий искомый элемент).

Контроль вычислений осуществляется путём пересчёта оценок по формулам (8.3) и сравнением их с полученными согласно (8.4).

Пример решения ЗЛП табличным симплекс методом.

Привести задачу линейного программирования к канонической форме и решить её табличным симплекс-методом.

$$\begin{cases} \max Z = 3x_1 + 4x_2 \\ x_1 + x_2 \leq 550 \\ 2x_1 + 3x_2 \leq 1200 \\ 12x_1 + 30x_2 \leq 9600 \\ x_j \geq 0 \end{cases} \quad \text{введём дополнительные переменные:} \quad \begin{cases} \max Z = 3x_1 + 4x_2 \\ x_1 + x_2 + x_3 = 550 \\ 2x_1 + 3x_2 + x_4 = 1200 \\ 12x_1 + 30x_2 + x_5 = 9600 \\ x_j \geq 0 \end{cases}$$

Получили ЗЛП в каноническом виде (эквивалентную исходной), система ограничений которой представлена в предпочтительном виде. Заполним симплексную таблицу (добавив столбец с номером итерации «№» и симплексными отношениями «СО»). Для упрощения понимания в левом верхнем углу ячеек таблицы 8.2 (нулевой итерации) записаны условные обозначения, использовавшиеся при изложении теоретического материала.

Таблица 8.2 – Симплексная таблица на нулевой итерации.

№	БП	c _Б	A ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	СО
				c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	
				3	4	0	0	0	
0	x ₃	c ₃ 0	b ₃ 550	a ₁₁ 1	a ₁₂ 1	a ₁₃ 1	a ₁₄ 0	a ₁₅ 0	550
	x ₄	c ₄ 0	b ₄ 1200	a ₂₁ 2	a ₂₂ 3	a ₂₃ 0	a ₂₄ 1	a ₂₅ 0	400
	x ₅	c ₅ 0	b ₅ 9600	a ₃₁ 12	a ₃₂ 30	a ₃₃ 0	a ₃₄ 0	a ₃₅ 1	320
	z _j -c _j		Δ ₀ 0	Δ ₁ -3	Δ ₂ -4	Δ ₃ 0	Δ ₄ 0	Δ ₅ 0	

Видно, что *начальный опорный план не является оптимальным для задачи на максимум* (содержит отрицательные оценки), поэтому осуществляется переход к новому базису (первой итерации).

$$\min(\Delta_j) = \min(-3, -4, 0, 0, 0) = -4 \Rightarrow j_0 = 2;$$

$$\min_{(a_{i_0 j_0} > 0)} (b_i / a_{ij_0}) = \min(550, 400, 320) = 320 \Rightarrow i_0 = 3;$$

$$a_{i_0 j_0} = a_{32} = 30 \Rightarrow \underset{\text{замена в БП}}{x_2} \leftrightarrow x_5$$

Симплексная таблица на первой итерации – таблица 8.3.

Таблица 8.3 – Симплексная таблица на первой итерации.

№	БП	c _Б	A ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅
				3	4	0	0	0
1	x ₃	0	230	3/5	0	1	0	-1/30
	x ₄	0	240	4/5	0	0	1	-0.1
	x ₂	4	320	2/5	1	0	0	1/30
	z _j -c _j		1280	-7/5	0	0	0	0
Δ _{КВ}		1280	-7/5	0	0	0	0	2/15

Строка i_0 и столбец j_0 заполняются в соответствии с пунктами с). и d). плана перехода к следующей итерации. Пример: элемент b_3^1 (прямоугольник с диагональю $b_3^0 - a_{32}^0$) вычисляется по формуле

$$b_3^1 = b_3^0 - (b_5^0 \cdot a_{12}^0) / a_{32}^0 = 550 - (9600 \cdot 1) / 30 = 230.$$

Остальные элементы таблицы вычисляются аналогично. Контроль вычислений приведён в строке Δ_{KB} .

Например:

$$\Delta_5^1 = (c_B)^T A_{0j} - c_j = 0 \cdot \left(-\frac{1}{30}\right) + 0 \cdot (-0.1) + 4 \cdot \frac{1}{30} - 0 = \frac{4}{30} = \frac{2}{15}.$$

Опорный план нехудший ($[Z^1(x) = 1280] > [Z^1(x) = 0]$), но и не оптимальный – переход к следующей итерации. На 1-ой итерации разрешающий элемент $a_{21} = 4/5$, соответственно при переходе ко второй итерации x_1 вводится в базис на место x_4 (табл. 8.4).

Таблица 8.4 – Симплексная таблица на второй итерации.

№	БП	c_B	A_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
				3	4	0	0	0
2	x_3	0	50	0	0	1	-3/4	1/24
	x_1	3	300	1	0	0	5/4	-1/8
	x_2	4	200	0	1	0	-0.5	1/12
	$z_j - c_j$		1700	0	0	0	7/4	-1/24
	Δ_{KB}		1700	0	0	0	7/4	-1/24

Разрешающий элемент $a_{15} = 1/24$, соответственно вводится в базис x_5 на место x_3 и осуществляется переход к следующей итерации (табл. 8.5).

Таблица 8.5 – Симплексная таблица на третьей итерации.

№	БП	c_B	A_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
				3	4	0	0	0
3	x_5	0	1200	0	0	24	-18	1
	x_1	3	450	1	0	3	-1	0
	x_2	4	100	0	1	-2	1	0
	$z_j - c_j$		1750	0	0	1	1	0
	Δ_{KB}		1750	0	0	1	1	0

Оптимальный план найден $x \times (x_1 = 450, x_2 = 100, x_3 = 0, x_4 = 0, x_5 = 1200)$, соответственно оптимальный план исходной задачи $x \times (x_1 = 450, x_2 = 100)$, а $\max Z(450, 100) = 1750$.

Порядок выполнения работы

Задачи линейного программирования решаются встроенными функциями `minimize` и `maximize`, входящими в пакет `simplex`, вызываемый обычным образом:

> with(simplex);

[*basis, convexhull, cterm, define_zero, display, dual, feasible, maximize, minimize, pivot, pivoteqn, pivotvar, ratio, setup, standardize*]

Вызов пакета обязателен, так как входящие в ядро системы Maple встроенные функции `minimize` и `maximize` отличаются от рассматриваемых наборами параметров.

Будем придерживаться такой конструкции:

`minimize(целевая функция, {ограничения}, NONNEGATIVE).`

Последний параметр показывает, что входящие переменные неотрицательны. Соответственно в такой конструкции включать условия неотрицательности переменных в ограничения не надо.

Решения транспортной задачи в maple

На складах A_1, A_2, A_3 хранится a_1, a_2, a_3 единиц одного и того же груза, соответственно. Требуется доставить его трем потребителям B_1, B_2, B_3 , заказы которых составляют b_1, b_2, b_3 единиц груза, соответственно. Стоимости перевозки c_{ij} единиц i -го склада j -му потребителю указываются в клеточках транспортной таблицы.

Таблица 8.6 – Транспортная таблица

	b1	b2	b3
a1	c_{11}	c_{12}	c_{13}
a2	c_{21}	c_{22}	c_{23}
a3	c_{31}	c_{32}	c_{33}

1. Установить, является ли модель транспортной задачи, заданная таблицей, открытой или закрытой. Если модель является открытой, то ее необходимо закрыть.

2. Составить план перевозок, обеспечивающий минимальную стоимость перевозок.

3. Найти минимальную стоимость перевозок.

Задание 8.1

Если суммарные запасы груза превышают суммарные запасы потребности, то такая задача является задачей открытого типа и ее необходимо закрыть, вводя фиктивного потребителя с необходимыми потребностями, при нулевых стоимостях перевозок. Переходим к задаче.

Таблица 8.7 – Транспортная таблица с добавлением фиктивного потребителя с необходимыми потребностями, при нулевых стоимостях перевозок

	b1	b2	b3	b4
a1	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃	c ₁₄
a2	c ₂₁	c ₂₂	c ₂₃	c ₂₄
a3	c ₃₁	c ₃₂	c ₃₃	c ₃₄

Задание 8.2

Задаем матрицу перевозок, матрицу стоимостей и целевую функцию:

```
> x:=matrix(3,4);#зададим матрицу с четырьмя столбцами и тремя строками
> C:=matrix([[c11, c12, c13, c14],[c21, c22, c23, c24],[c31, c32, c33, c34]]); #занесем в матрицу стоимость перевозок
> z:=sum(sum(C[i,j]*x[i,j],i=1..3),j=1..4); #зададим целевую функцию
Решаем задачу линейного программирования:
> with(simplex); #подключим пакет для решения задачи
[basis, convexhull, cterm, define_zero, display, dual, feasible, maximize, minimize, pivot, pivoteqn, pivotvar, ratio, setup, standardize]
> minimize(z,{sum(x[1,j],j=1..4)=a1,sum(x[2,j],j=1..4)=a2, sum(x[3,j],j=1..4)=a3,sum(x[i,1],i=1..3)=b1,sum(x[i,2],i=1..3)=b2,sum(x[i,3],i=1..3)=b3,sum(x[i,4],i=1..3)=b4},NONNEGATIVE);
Матричный вид полученного решения:
> V:=<<x11|x12|x13|x14>, <x21|x22|x23|x24>, <x31|x32|x33|x34>>;
```

Задание 8.3

Минимальная стоимость перевозок:

```
> add(add(C[i,j]*V[i,j],i=1..3),j=1..4);
Получим план перевозок.
```

Если убрать требование перехода к задаче закрытого типа, то решение будет иметь вид:

```
> restart;
> x:=matrix(3,3);
> C:=<<c11|c12|c13>, <c21|c22|c23>, <c31|c32|c33>>;
> z:=add(add(C[i,j]*x[i,j],i=1..3),j=1..3);
> with(simplex):
> minimize(z,{sum(x[1,j],j=1..3)<=a1,sum(x[2,j],j=1..3)<=a2,
sum(x[3,j],j=1..3)<=a3,sum(x[i,1],i=1..3)=b1,sum(x[i,2],i=1..
3)=b2,sum(x[i,3],i=1..3)=b3},NONNEGATIVE);
> V:=<<x11|x12|x13>, <x21|x22|x23>, <x31|x32|x33>>;
> add(add(C[i,j]*V[i,j],i=1..3),j=1..3);
```

Таблица 8.8 – Исходные данные

	a ₁	a ₂	a ₃	b ₁	b ₂	b ₃	c ₁₁	c ₁₂	c ₁₃	c ₂₁	c ₂₂	c ₂₃	c ₃₁	c ₃₂	c ₃₃
1	100	200	120	100	120	60	4	2	6	7	5	3	1	7	6
2	120	190	150	180	120	70	3	2	2	4	3	5	2	7	9
3	100	200	120	100	120	60	2	4	3	1	5	2	2	1	4
4	120	190	150	180	120	70	4	2	1	3	7	2	6	4	4
5	100	200	120	100	120	60	6	2	1	4	5	2	1	2	3
6	120	190	150	180	120	70	2	5	4	1	6	7	4	2	3
7	100	200	120	100	120	60	2	4	5	1	3	2	1	4	2
8	120	190	150	180	120	70	6	5	4	2	5	4	6	5	4
9	100	200	120	100	120	60	1	2	5	4	6	3	2	4	3
10	120	190	150	180	120	70	6	4	2	3	1	2	3	5	2
11	100	200	120	100	120	60	4	2	3	1	5	2	1	1	3
12	120	190	150	180	120	70	4	2	5	1	2	3	6	2	1

Содержание отчета

1. Файл Microsoft Word.
2. Название и цель лабораторной работы.
3. Код из программы Maple.
4. Вывод.

Контрольные вопросы

1. Общая идея симплексного метода.
2. Что означает переход к нехудшему опорному плану?

Тогда c_1 и c_2 – скорости возрастания Z вдоль осей OX_1 и OX_2 , а вектор градиента показывает направление *наискорейшего возрастания целевой функции* (вектор *антиградиента* – *наискорейшего убывания целевой функции*).

Порядок графического решения ЗЛП:

1. Строится область допустимых решений Ω .
2. Строится вектор градиента/антиградиента.
3. Проводится произвольная линия уровня.
4. При решении задачи на максимум линия уровня перемещается в направлении вектора градиента так, чтобы она касалась границы области допустимых решений (A_4 на рис. 6.1). В случае решения задачи на минимум линию уровня перемещается в антиградиентном направлении (A_1 на рис. 6.1).
5. Определяется оптимальный план x^* и экстремальное значение целевой функции $Z = z(x^*)$.

Пример решения ЗЛП графическим методом

Графическим методом решить задачу линейного программирования на максимум и минимум:

$$\max Z = x_1 + x_2; \text{ при } \begin{cases} x_1 + 2x_2 \leq 1; & -3x_1 + 5x_2 \leq 1; & 4x_1 - x_2 \leq 1; \\ 3x_1 + x_2 \leq 1; & -x_1 + 4.5x_2 \leq 1; & x_1 \geq 0; x_2 \geq 0 \end{cases} \quad (9.2)$$

1. Определяется полуплоскость решений, ограниченная первым неравенством. Для этого строится прямая $x_1 + 2x_2 = 1$. В неравенство $x_1 + 2x_2 \leq 1$ подставляется любая точка, например, $(0;0)$. После подстановки, в данном случае получается верное неравенство, значит точка $(0;0)$ находится в полуплоскости решений, ограниченных первым неравенством. Аналогично находим полуплоскости решений для остальных неравенств. Пересечение всех полуплоскостей будет областью допустимых решений.

2. После определения частных производных Z (здесь $c_1 = 1$; $c_2 = 1$) строится вектор градиента (рис. 9.2).

3. Проводится линия уровня Z_0 , например, через $(0;0)$ (рис. 9.2).

4. Видно, что в данном случае точка минимума уже найдена. Далее необходимо «сфокусироваться» на области решений и путём параллельного переноса линии уровня вдоль направления вектора градиента найти точку максимума (рис. 9.3) – через точку максимума проведена вторая пунктирная линия уровня. Координаты точки максимума – координаты точки пересечения прямых $(3x_1 + x_2 = 1)$ и $(-x_1 + 4.5x_2 = 1)$.

5. Оптимальный план для задачи на минимум ($x_1 = 0$; $x_2 = 0$), $\min(Z) = 0$, а для задачи на максимум ($x_1 = 0.241379$; $x_2 = 0.275862$), $\max(Z) = 0.517241$.

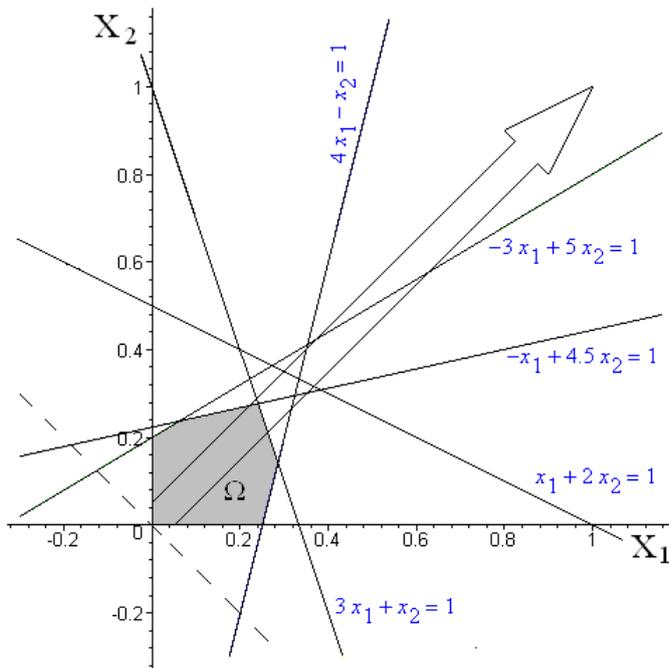


Рисунок 9.2 – Определение области допустимых решений Ω ЗЛП и направления градиента (пунктирная прямая – линия уровня).

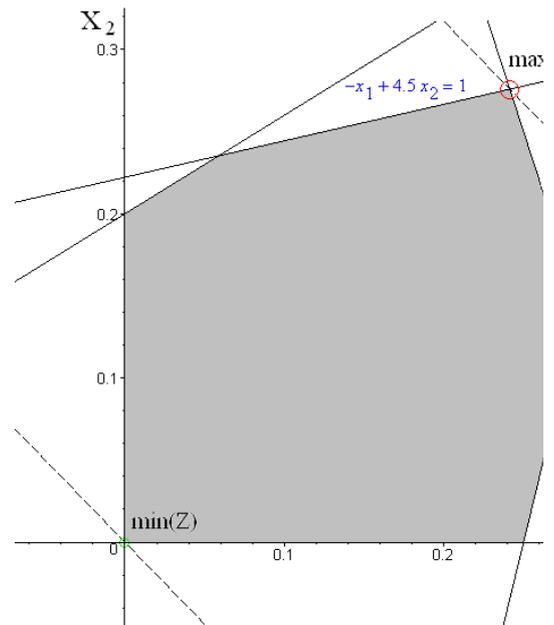


Рисунок 9.3 – Графическое решение ЗЛП: определение максимума и минимума целевой функции Z .

Линейное программирование – раздел математического программирования, применяемый при разработке методов отыскания экстремума линейных функций нескольких переменных при линейных дополнительных ограничениях, налагаемых на переменные. По типу решаемых задач его методы разделяются на универсальные и специальные. С помощью универсальных методов могут решаться любые задачи линейного программирования (ЗЛП). Специальные методы учитывают особенности модели задачи, ее целевой функции и системы ограничений.

Особенностью задач линейного программирования является то, что экстремума целевая функция достигает на границе области допустимых решений. Классические же методы дифференциального исчисления связаны с нахождением экстремумов функции во внутренней точке области допустимых значений. Отсюда – необходимость разработки новых методов.

Порядок выполнения работы

Построить на плоскости область решений системы линейных неравенств и определить минимальное и максимальное значения целевой функции.

$$\begin{cases} 2 \cdot x_1 \geq 0,4 \\ 6 \cdot x_1 + 3 \cdot x_2 \leq 10 \\ 1 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 \geq 3 \end{cases}$$

Целевая функция: $f = 2x_1 - 3x_2$

РЕШЕНИЕ:

with(plots);

Построим в системе координат x_1, x_2 область допустимых решений.

```
display({inequal({ограничение1,ограничение2,ограничение3},x=0..5,y=  
=0..5, optionsfeasible=(color=red), optionsexcluded=(color=white),  
optionsopen=(color=black),optionsclosed=(color=black))});
```

Зададим целевую функцию:

```
f:=2*x-3*y;
```

Зададим область ограничений:

```
ogr:={ограничение1,ограничение2,ограничение3};
```

Найдем значения переменных x_1 и x_2 , соответствующие минимуму и максимуму целевой функции:

```
Fmin:=simplex[minimize](f,ogr,NONNEGATIVE);
```

```
Fmax:=simplex[maximize](f,ogr,NONNEGATIVE);
```

Найдем минимальное и максимальное значение целевой функции:

```
subs(Fmin,f); fmin:=%;
```

```
subs(Fmax,f); fmax:=%;
```

Построим область ограничений и прямые целевой функции, соответствующие минимальному и максимальному значениям:

```
display({inequal({ограничение1,ограничение2,ограничение3},  
x=0..5,y=0..5,optionsfeasible=(color=yellow),  
optionsexcluded=(color=white), optionsopen=(color=black),  
optionsclosed=(color=black)), implicitplot({2*x-3*y = fmin, 2*x-3*y = fmax  
,x=0..8,y=0..10})});
```

Содержание отчета

1. Файл Microsoft Word.
2. Название и цель лабораторной работы.
3. Код из программы Maple.

Контрольные вопросы

1. Что такое линейное программирование?
2. Как решаются ЗЛП с двумя переменными?
3. Порядок графического решения ЗЛП.

Список используемых источников

1. Баронов, В. В. Информационные технологии и управление предприятием : учебное пособие / В. В. Баронов, Г. Н. Калянов, Ю. Н. Попов и др. – 2-е изд. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 328 с.
2. Кияев, В. И. Информационные технологии в управлении предприятием : краткий учебный курс / В. И. Кияев, О. Н. Граничин. – Москва : ИНТУИТ, 2016. – 361 с.
3. Липунцов, Ю. П. Управление процессами. Методы управления предприятием с использованием информационных технологий / Липунцов Ю. П., – 2-е изд., (эл.) – М. : ДМК Пресс, 2018. – 226 с.
4. Райская, М. В. Экономический анализ и управление производством (предприятием) : учебное пособие / М. В. Райская. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2021. – 164 с.
5. Черных, В. В. ERP-системы управления производственным предприятием : практикум / В. В. Черных. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 64 с.

Учебное издание

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Методические указания

Составители:

Науменко Андрей Михайлович
Куксевич Виталий Федорович
Горнак Сергей Владимирович

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *А.М. Науменко*

Подписано к печати 14.11.2024. Усл. печ. листов 4,3.
Уч.-изд. листов 5,2. Заказ № 243.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.