

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ФИНАНСОВ**

***Кафедра управления корпоративными финансами***

**А.И.РОМАНОВА, А.Р. САФИУЛЛИН, М.Д.МИРОНОВА,  
В.П.ПАВЛОВ**

***Учебное пособие***

**ЛОГИСТИКА ПРОИЗВОДСТВА И СФЕРЫ УСЛУГ.  
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ  
МОДЕЛЕЙ**

**Казань - 2022**

**УДК 658.5**  
**ББК 65**

*Принято на заседании учебно-методической комиссии  
Института управления, экономики и финансов Казанского федерального университета  
Протокол № 7 от 26 апреля 2022 г.*

**Рецензенты:**

кандидат экономических наук, доцент кафедры управления корпоративными  
финансами КФУ **Н.М.Габдуллин**;  
кандидат экономических наук, заведующий кафедрой менеджмента Института  
социальных и гуманитарных знаний **М.Г. Илларионов**

Романова А.И., Сафиуллин А.Р., Миронова М.Д., Павлов В.П.

**Логистика производства и сферы услуг. Управление проектами на основе сетевых моделей:** учебное пособие / А.И.Романова, А.Р.Сафиуллин, М.Д.Миронова, В.П. Павлов – Казань: Казан. ун-т, 2022. – 158 с.

Настоящее учебное пособие адресовано, в первую очередь, студентам, обучающимся по направлению 38.03.01 «Экономика» и по направлению 38.03.02 «Менеджмент». Учебное пособие предназначено для освоения учебных дисциплин «Моделирование и прогнозирование в управлении проектами», «Логистика», «Производственная логистика», «Моделирование в менеджменте». Пособие содержит вопросы для контроля знаний, примеры решения отдельных задач, практические задания для выполнения студентами при проведении практических занятий. Учебное пособие окажет методическую помощь обучающимся в формировании практических навыков при выполнении практических заданий в ходе решения конкретных задач в сфере производственной логистики, моделировании в менеджменте и в сфере управления проектами.

© Романова А.И., Сафиуллин А.Р., Миронова М.Д., Павлов В.П., 2022  
© Издательство Казанского университета, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Внутрипроизводственная логистика                                                                                                | 4   |
| 1.1. Задачи по определению объема выпускаемой продукции                                                                            | 4   |
| 1.1.1. Задачи с двумя производственными операциями на двух и трех технологических линиях                                           | 5   |
| 1.1.2. Задачи с двумя производственными операциями на четырех и более технологических линиях                                       | 12  |
| 1.1.3. Задачи с большим числом операций на нескольких технологических линиях                                                       | 15  |
| 1.1.4. Логистические задачи, связанные с расчетом экономических показателей                                                        | 18  |
| 1.2. Задачи максимизации объема выпуска продукции за счет оптимального распределения трудовых ресурсов                             | 20  |
| 1.3. Задачи на определение «узкого места» в производственной логистической системе                                                 | 31  |
| 2. Задачи по транспортной и складской логистике                                                                                    | 45  |
| 2.1. Задачи по определению оптимальной вместимости транспортных средств и складов                                                  | 45  |
| 2.2. Задачи по размещению бочек в контейнерах                                                                                      | 55  |
| 2.3. Задачи по комплектации грузов                                                                                                 | 58  |
| 2.4. Задачи по определению пропускной способности                                                                                  | 69  |
| 2.5. Задачи по грузовым перевозкам                                                                                                 | 71  |
| 2.6. Задачи по оборачиваемости склада                                                                                              | 75  |
| 3. Задачи по определению характеристик системы массового обслуживания                                                              |     |
| Элементы системы массового обслуживания                                                                                            | 77  |
| 3.1. СМО с отказами                                                                                                                | 79  |
| 3.2. СМО с неограниченным ожиданием                                                                                                | 80  |
| 4. Управления проектами на основе сетевых моделей                                                                                  | 90  |
| 4.1. Теоретические основы управления проектами                                                                                     | 90  |
| 4.1.1. Сущность и содержание основных понятий управления проектами                                                                 | 90  |
| 4.1.2. Подход к планированию и управлению комплексом работ по проекту                                                              | 106 |
| 4.2. Основные понятия и виды моделей сетевого планирования и управления комплексом работ                                           | 110 |
| 4.3. Возможности и ограничения используемого метода критического пути (СРМ) при планировании и управлении комплексом работ проекта | 114 |
| 5. Экономическая эффективность системного планирования комплекса работ в процессе управления проектами предприятия                 | 119 |
| Вопросы теста по логистике                                                                                                         | 139 |
| Список экзаменационных вопросов по логистике                                                                                       | 140 |
| Список использованных источников                                                                                                   | 143 |
| Глоссарий. Основные понятия учебного курса «Логистика»                                                                             | 147 |

# 1.ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА

## 1.1.ЗАДАЧИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОБЪЕМА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

При решении задач этого раздела логистики определяется количество операций, выполняемых на технологических линиях производства за смену, после чего рассчитываются объем выпуска изделий за смену и коэффициент простоя оборудования. На основе полученных показателей легко находятся годовой объем выпуска продукции и экономические показатели производства: себестоимость, выручка и прибыль.

Годовой выпуск ( $V_{год}$ ) определяется по формуле

$$V_{год} = V_{см} \cdot D_k \cdot N_{см} , \quad (1)$$

где  $V_{см}$  — объем выпуска изделий за смену;

$D_k$  — количество рабочих дней в году;

$N_{см}$  — число рабочих смен за сутки.

Коэффициент простоя  $K_{пр}$  находится по формуле:

$$K_{пр} = \left( 1 - \frac{V_{см} \cdot \sum t_i}{T_{см} \cdot N_l} \right) \cdot 100\% , \quad (2)$$

где  $V_{см}$  — объем выпуска изделий за смену;

$t_i$  — длительность  $i$ -той операции, мин.;

$T_{см}$  — продолжительность смены, мин.;

$N_l$  — число технологических линий.

Длительность смены ( $T_{см}$ ) в большинстве случаев принимается равной восьми часам (480 минутам). Производство любого изделия осуществляется в виде операций, количество которых может варьироваться от 2 до 100 и более. Поскольку количество комплектующих изделий сложных технических систем может составлять десятки тысяч, то необходимость решения задач такого рода является весьма актуальной проблемой производственной логистики.

При решении задачи по определению объема выпуска подразумевается только **последовательное** выполнение операций, хотя на практике могут быть параллельные операции, смешанные варианты с параллельными и

последовательными операциями и, более того, возможно возникновение циклов в производственном процессе.

Под технологической линией понимается оборудование, используемое в течение смены для выполнения одного типа операций. То есть универсальные технологические линии, выполняющие различные операции, не рассматриваются.

Правильное решение задач данного типа позволяет улучшить экономические показатели: доходы, расходы, себестоимость, прибыль, рентабельность.

В данном сборнике представлено четыре вида задач по определению объема выпускаемой продукции:

- 1) с двумя производственными операциями на двух или трех технологических линиях;
- 2) с двумя производственными операциями на четырех и более технологических линиях;
- 3) с числом операций более двух на четырех и более технологических линиях;
- 4) расчет экономических показателей в производственной логистике.

### **1.1.1. Задачи с двумя производственными операциями на двух и трех технологических линиях**

При решении задач с двумя производственными операциями формула (2) примет следующий вид:

$$K_{np} = \left( 1 - \frac{V_{см} \cdot (t_1 + t_2)}{T_{см} \cdot N_l} \right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

где  $t_1$  – длительность первой операции, мин.;  
 $t_2$  – длительность второй операции, мин.;  
 $V_{см}$  – объем выпуска изделий за смену;  
 $T_{см}$  – продолжительность смены, мин.;  
 $N_l$  – число технологических линий.

### **Пример 1**

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Продолжительность первой операции  $t_1=10$  минут; второй –  $t_2$

=19 минут. Длительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Изобразить графически ритм работы оборудования. Рассчитать объем выпуска продукции за смену и коэффициент простоя оборудования по двум вариантам: на двух и трех технологических линиях, т.е.  $N_1 = 2$ ;  $N_2 = 3$ .

### Решение

За основу расчета надо взять смену в 8 часов, т.е. 480 минут. Сначала рассмотрим вариант производства на двух линиях.

Необходимо определить, сколько изделий за смену будет изготовлено при условии работы двух станков (двух технологических линий). Ритм работы в этом случае будет выглядеть следующим образом:

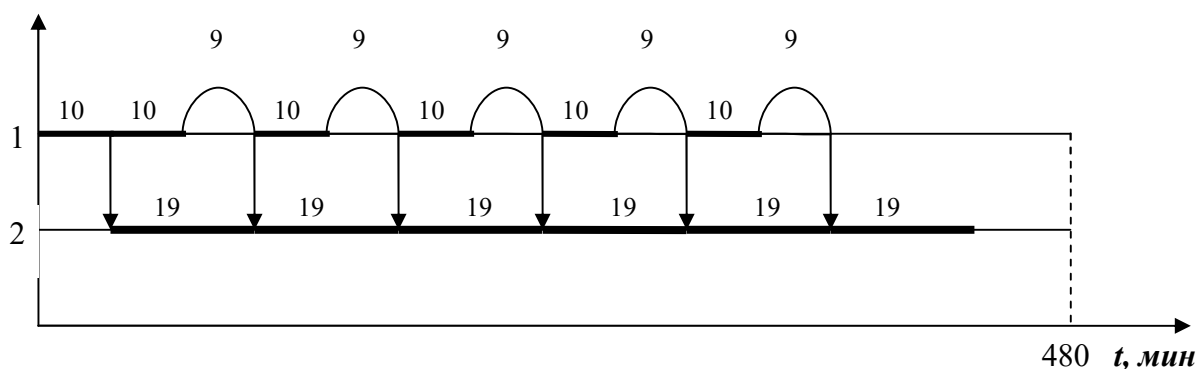


Рис.1. Ритм работы оборудования на двух технологических линиях

При составлении ритма важно учесть следующее:

- операция на второй линии не может начаться, пока не будет закончена операция на первой линии, поэтому на второй линии будет задержка (в нашем случае 10 минут);
- после того, как первая линия освободилась, на ней сразу же можно выполнять следующую операцию. Однако к окончанию выполнения этой операции на первой линии вторая линия еще не освободится. Поэтому возникнет простой на первой линии, равный времени ожидания освобождения второй линии (в нашем случае 9 минут). Только после того как освободилась вторая линия, и мы передали изделие на нее, можно продолжить работу на первой линии.

Ритм составляется до тех пор, пока он не будет иметь повторяющийся постоянный характер. После того как ритм получен, составляется уравнение по одной из линий. Из полученного уравнения находится объем выпуска изделий за смену.

**Правило 1. Уравнение составляется по той линии, в которой нет внутренних простоев.**

Уравнение может составляться не обязательно по одной линии. Если операция на нескольких линиях одна и та же, то уравнение составляется по всем таким линиям.

В нашем примере уравнение составляется по второй линии и оно будет иметь следующий вид:

$$10 + 19x + \delta = 480 ,$$

где 10 - ожидание до начала работы второй линии, мин.,

$x$  – количество операций, выполняемых на второй линии за смену, мин.,

$\delta$  – промежуток времени, остающийся в конце смены, в течении которого невозможно выполнение целой операции. Поскольку мы решаем целочисленное уравнение, величиной  $\delta$  мы пренебрегаем, и из полученного уравнения находим число операций, а также объем выпуска за смену:

$$x = \left[ \frac{480 - 10}{19} \right] = 24 \text{ операции.}$$

Квадратные скобки [ ] означают нахождение целого числа. Необходимо обратить внимание на то, что число операций и объем выпуска изделий являются целыми числами. При операции определения целого числа отбрасывается дробная часть. Надо иметь в виду, что эта операция **не совпадает с операцией округления**.

$$V_{см} = x = 24 \text{ изделия.}$$

**Примечание.** Число операций в данном случае равно объему выпуска продукции. Однако, если бы одинаковые операции выполнялись на разных линиях, то объем продукции был равен сумме числа операций, выполняемых на этих линиях.

Коэффициент простоя для двух линий будет равен

$$K_{пр} = \left( 1 - \frac{(10 + 19) \cdot 24}{480 \cdot 2} \right) \cdot 100\% = 27,5\% .$$

Теперь рассмотрим вариант производства изделия на трех линиях. Для этого необходимо определить, какую технологическую линию надо добавить, с какой длительностью операции.

***Правило2. Дополнительная линия оборудования устанавливается для той операции, которая «тормозит» процесс, т.е. является менее производительной.***

Как видно из графика, такой является вторая линия, поэтому дополнительное оборудование ставим на вторую линию. Тогда график для трех линий будет иметь следующий вид:

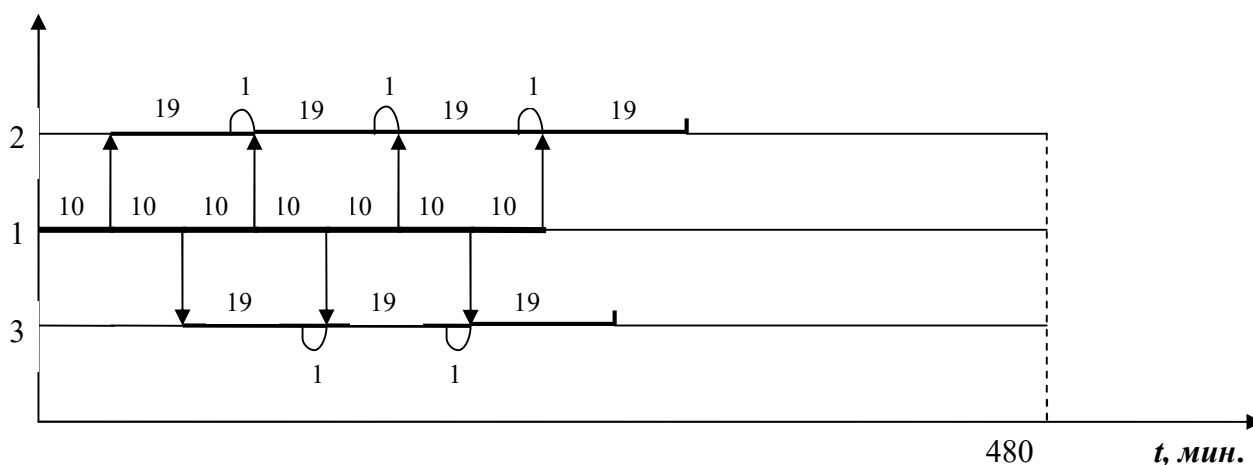


Рис. 2. График работы оборудования на трех технологических линиях

На первой линии будет делаться первая операция через каждые 10 минут. На второй будет задержка в 10 минут, т.к. вторая операция невозможна, пока не пройдет первая. После этого машина на второй линии будет выполнять вторую операцию с ритмом 19 минут - работа и одна минута ожидания. На третьей линии также будет выполняться вторая операция, но задержка составит 20 минут — ровно столько времени понадобится первой машине, чтобы выполнить две первые операции. Ритм будет тот же, что и на второй линии — 19 минут работы и одна минута простоя.

Чтобы рассчитать объем выпуска за смену предпочтительнее пользоваться первой линией, так как на ней нет одномоментных “пауз”. Чтобы все операции были завершены, вплоть до последней операции необходимо зарезервировать 19 минут на конец первой линии. Тогда уравнение примет следующий вид:

$$10x + 19 + \delta = 480;$$

$$x = \left[ \frac{480 - 19}{10} \right] = 46 \text{ операций};$$

$$V_{см} = x = 46 \text{ изделий.}$$

Коэффициент простоя для трех линий будет равен

$$K_{пр} = \left( 1 - \frac{(10+19) \cdot 46}{480 \cdot 3} \right) \cdot 100\% = 7,36\%$$

Таким образом, коэффициент простоя для трех линий меньше, чем коэффициент простоя для двух линий. Следовательно, производство изделия на трех линиях более выгодно.

### **Задачи для самостоятельного решения:**

#### **Задача 1**

Процесс производства изделия состоит из двух операций. Данные по продолжительности первой ( $t_1$ ) и второй ( $t_2$ ) операций даны в таблице 1. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Рассмотреть варианты на двух и трех линиях.

#### **Задача 2**

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Данные по продолжительности первой ( $t_1$ ) и второй ( $t_2$ ) операций даны в таблице 2. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Рассмотреть варианты на двух и трех линиях.

Таблица 1

**Исходные данные по вариантам для задачи 1**

| <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ | <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ |
|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| <b>1</b>              | 39    | 14    | <b>16</b>             | 71    | 25    |
| <b>2</b>              | 41    | 85    | <b>17</b>             | 73    | 150   |
| <b>3</b>              | 43    | 15    | <b>18</b>             | 75    | 26    |
| <b>4</b>              | 45    | 93    | <b>19</b>             | 77    | 158   |
| <b>5</b>              | 47    | 17    | <b>20</b>             | 79    | 28    |
| <b>6</b>              | 49    | 101   | <b>21</b>             | 81    | 166   |
| <b>7</b>              | 51    | 18    | <b>22</b>             | 83    | 29    |
| <b>8</b>              | 53    | 109   | <b>23</b>             | 85    | 174   |
| <b>9</b>              | 55    | 19    | <b>24</b>             | 87    | 31    |
| <b>10</b>             | 57    | 117   | <b>25</b>             | 89    | 182   |
| <b>11</b>             | 59    | 21    | <b>26</b>             | 91    | 32    |
| <b>12</b>             | 61    | 125   | <b>27</b>             | 93    | 191   |
| <b>13</b>             | 63    | 22    | <b>28</b>             | 95    | 33    |
| <b>14</b>             | 67    | 23    | <b>29</b>             | 97    | 199   |
| <b>15</b>             | 69    | 142   | <b>30</b>             | 99    | 35    |

Таблица 2

**Исходные данные по вариантам для задачи 2**

| <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ | <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ |
|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| <b>1</b>              | 29    | 35    | <b>16</b>             | 59    | 120   |
| <b>2</b>              | 31    | 13    | <b>17</b>             | 61    | 74    |
| <b>3</b>              | 33    | 40    | <b>18</b>             | 63    | 26    |
| <b>4</b>              | 35    | 71    | <b>19</b>             | 65    | 79    |
| <b>5</b>              | 37    | 45    | <b>20</b>             | 67    | 136   |
| <b>6</b>              | 39    | 16    | <b>21</b>             | 69    | 84    |
| <b>7</b>              | 41    | 50    | <b>22</b>             | 71    | 30    |
| <b>8</b>              | 43    | 87    | <b>23</b>             | 73    | 89    |
| <b>9</b>              | 45    | 55    | <b>24</b>             | 75    | 152   |
| <b>10</b>             | 47    | 20    | <b>25</b>             | 77    | 94    |
| <b>11</b>             | 49    | 60    | <b>26</b>             | 79    | 33    |
| <b>12</b>             | 51    | 103   | <b>27</b>             | 81    | 99    |
| <b>13</b>             | 53    | 65    | <b>28</b>             | 83    | 168   |
| <b>14</b>             | 55    | 23    | <b>29</b>             | 85    | 104   |
| <b>15</b>             | 57    | 70    | <b>30</b>             | 87    | 36    |

### Задача 3

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Данные по продолжительности первой ( $t_1$ ) и второй ( $t_2$ ) операций даны в таблице 3. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Рассмотреть варианты на двух и трех линиях.

Таблица 3

Исходные данные по вариантам для задачи 3

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ |
|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| 1             | 91    | 185   | 16            | 47    | 19    |
| 2             | 93    | 114   | 17            | 49    | 62    |
| 3             | 95    | 40    | 18            | 51    | 108   |
| 4             | 97    | 119   | 19            | 53    | 67    |
| 5             | 103   | 43    | 20            | 55    | 23    |
| 6             | 111   | 47    | 21            | 57    | 72    |
| 7             | 119   | 51    | 22            | 59    | 125   |
| 8             | 125   | 53    | 23            | 61    | 77    |
| 9             | 33    | 42    | 24            | 63    | 26    |
| 10            | 35    | 74    | 25            | 65    | 82    |
| 11            | 37    | 47    | 26            | 67    | 142   |
| 12            | 39    | 16    | 27            | 69    | 87    |
| 13            | 41    | 52    | 28            | 71    | 29    |
| 14            | 43    | 91    | 29            | 73    | 92    |
| 15            | 45    | 57    | 30            | 75    | 159   |

### Задача 4

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Данные по продолжительности первой ( $t_1$ ) и второй ( $t_2$ ) операций даны в таблице 4. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Рассмотреть варианты на двух и трех линиях

**Исходные данные по вариантам для задачи 4**

| <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ | <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ |
|-----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| <b>1</b>              | 77    | 97    | <b>16</b>             | 107   | 226   |
| <b>2</b>              | 79    | 32    | <b>17</b>             | 109   | 137   |
| <b>3</b>              | 81    | 102   | <b>18</b>             | 111   | 45    |
| <b>4</b>              | 83    | 176   | <b>19</b>             | 119   | 48    |
| <b>5</b>              | 85    | 107   | <b>20</b>             | 121   | 152   |
| <b>6</b>              | 87    | 35    | <b>21</b>             | 123   | 155   |
| <b>7</b>              | 89    | 112   | <b>22</b>             | 125   | 51    |
| <b>8</b>              | 91    | 193   | <b>23</b>             | 19    | 7     |
| <b>9</b>              | 93    | 117   | <b>24</b>             | 21    | 44    |
| <b>10</b>             | 95    | 39    | <b>25</b>             | 23    | 8     |
| <b>11</b>             | 97    | 122   | <b>26</b>             | 25    | 52    |
| <b>12</b>             | 99    | 209   | <b>27</b>             | 27    | 10    |
| <b>13</b>             | 101   | 127   | <b>28</b>             | 29    | 60    |
| <b>14</b>             | 103   | 42    | <b>29</b>             | 33    | 68    |
| <b>15</b>             | 105   | 132   | <b>30</b>             | 35    | 12    |

**1.1.2. Задачи с двумя производственными операциями на четырех и более технологических линиях****Пример 2**

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Продолжительность операций  $t_1 = 2$  мин.,  $t_2 = 3$  мин., число линий  $N_l = 5$ .

**Решение**

В первую очередь покажем ритм работы оборудования на пяти технологических линиях. Следует обратить внимание на то, что если мы задержим начало выполнения операций на второй линии на одну минуту, то мы получим ритм работы без простоев, а, следовательно, наиболее выгодный вариант работы оборудования.

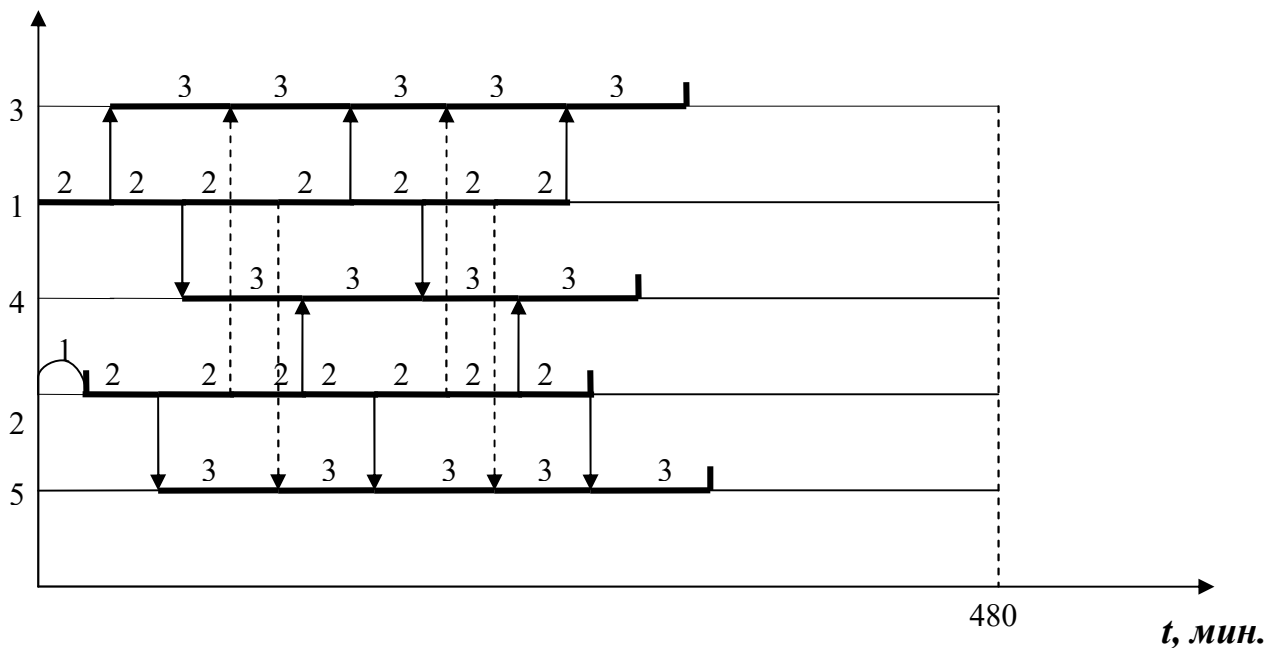


Рис. 3. Ритм работы оборудования на пяти технологических линиях

Как видно из графика, по всем технологическим линиям производство идет без простоев, следовательно, объем выпуска изделий можно считать по любой из технологических линий. Рассчитаем объем выпуска по обеим технологическим линиям:

– по первой и второй линиям:

$$2x + 3 + \delta = 480;$$

$$1 + 2y + 3 + \delta = 480;$$

$$x = \left[ \frac{480 - 3}{2} \right] = 238 \text{ операций};$$

$$y = \left[ \frac{480 - 4}{2} \right] = 238 \text{ операций}.$$

$$V_{см} = x + y = 238 + 238 = 476 \text{ изделий};$$

– по третьей, четвертой и пятой линиям:

$$2 + 3x + \delta = 480;$$

$$4 + 3y + \delta = 480;$$

$$3 + 3z + \delta = 480;$$

$$x = \left[ \frac{480 - 2}{3} \right] = 159;$$

$$y = \left[ \frac{480 - 4}{3} \right] = 158;$$

$$z = \left[ \frac{480 - 3}{3} \right] = 159;$$

$$V_{см} = x + y + z = 159 + 158 + 159 = 476 \text{ изделий}.$$

Как видно из расчета, по обоим вариантам получается одинаковое количество изделий ( $V_{см}$ ).

Коэффициент простоя будет равен

$$K_{np} = \left( 1 - \frac{(2+3) \cdot 476}{480 \cdot 5} \right) \cdot 100\% = 0,83\%.$$

### Задача для самостоятельного решения

#### Задача 5

Процесс производства изделия состоит из двух последовательных операций. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования и рассчитать выпуск изделий за смену при условии минимального простоя оборудования. Данные по продолжительности первой ( $t_1$ ), второй ( $t_2$ ) операций и числу линий приведены в таблице 5.

Таблица 5

**Исходные данные по вариантам для задачи 5**

| № варианта | $t_1$ | $t_2$ | $N_n$ |
|------------|-------|-------|-------|
| 1          | 2     | 3     | 5     |
| 2          | 11    | 3     | 4     |
| 3          | 10    | 3     | 4     |
| 4          | 11    | 2     | 6     |
| 5          | 21    | 31    | 5     |
| 6          | 9     | 100   | 12    |
| 7          | 11    | 100   | 10    |

### 1.1.3. Задачи с большим числом операций на нескольких технологических линиях

#### Пример 3

Процесс производства изделия состоит из трех последовательных операций:  $t_1 = 6$ ,  $t_2 = 7$ ,  $t_3 = 13$ . Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования, рассчитать выпуск изделий за смену и коэффициент простоя оборудования для четырех технологических линий.

#### Решение

1. График работы оборудования будет выглядеть следующим образом:

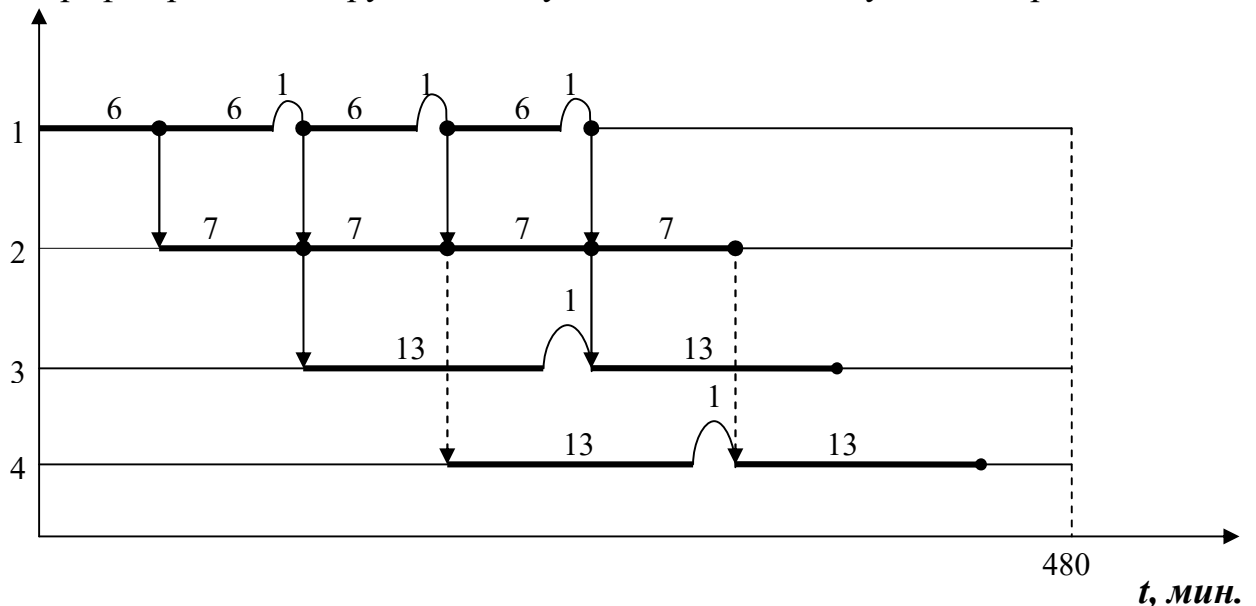


Рис. 4. Ритм работы оборудования на четырех технологических линиях

Как видно из графика, по второй линии производство идет без простоев, значит, уравнение будем составлять по этой линии.

$$6 + 7x + 13 + \delta = 480;$$

$$x = \left[ \frac{480 - 6 - 13}{7} \right] = 65 \text{ операций};$$

$$V_{см} = x = 65 \text{ изделий.}$$

Коэффициент простоя будет равен;

$$K_{np} = \left( 1 - \frac{(6 + 7 + 13) \cdot 65}{480 \cdot 4} \right) \cdot 100\% = 11,98\%.$$

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача 6

Процесс производства изделия состоит из трех операций. Длительность операций  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  приведена в таблице 6. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график работы оборудования, рассчитать выпуск изделий за смену и коэффициент простоя оборудования для четырех технологических линий.

Таблица 6

#### Исходные данные по вариантам для задачи 6

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ |
|---------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| 1             | 10    | 9     | 17    | 17            | 15    | 14    | 31    |
| 2             | 11    | 10    | 20    | 18            | 16    | 15    | 33    |
| 3             | 11    | 10    | 22    | 19            | 17    | 16    | 35    |
| 4             | 13    | 12    | 24    | 20            | 18    | 17    | 37    |
| 5             | 14    | 13    | 26    | 21            | 21    | 50    | 23    |
| 6             | 14    | 13    | 28    | 22            | 44    | 20    | 18    |
| 7             | 15    | 14    | 30    | 23            | 21    | 25    | 48    |
| 8             | 17    | 16    | 33    | 24            | 14    | 33    | 17    |
| 9             | 18    | 17    | 36    | 25            | 35    | 18    | 19    |
| 10            | 20    | 19    | 38    | 26            | 13    | 15    | 32    |
| 11            | 9     | 8     | 19    | 27            | 30    | 74    | 34    |
| 12            | 10    | 9     | 21    | 28            | 68    | 31    | 28    |
| 13            | 11    | 10    | 23    | 29            | 28    | 34    | 65    |
| 14            | 12    | 11    | 25    | 30            | 19    | 44    | 23    |
| 15            | 13    | 12    | 27    | 31            | 51    | 26    | 28    |
| 16            | 14    | 13    | 29    | 32            | 23    | 26    | 56    |

### Задача 7

Процесс производства изделия состоит из трех последовательных операций. Длительность операций  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  приведена в таблице 7. Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Построить график, рассчитать выпуск изделий за смену и коэффициент простоя оборудования.

Таблица 7

#### Исходные данные по вариантам для задачи 7

| № варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $N_{л}$ |
|------------|-------|-------|-------|---------|
| 1          | 6     | 7     | 15    | 4       |
| 2          | 6     | 7     | 13    | 4       |
| 3          | 5     | 7     | 10    | 4       |
| 4          | 8     | 7     | 13    | 4       |
| 5          | 8     | 6     | 11    | 4       |
| 6          | 8     | 10    | 12    | 4       |
| 7          | 18    | 17    | 40    | 4       |
| 8          | 17    | 15    | 40    | 4       |
| 9          | 17    | 18    | 40    | 4       |
| 10         | 19    | 15    | 40    | 4       |
| 11         | 15    | 17    | 40    | 4       |
| 12         | 18    | 13    | 40    | 4       |
| 13         | 6     | 5     | 10    | 4       |
| 14         | 6     | 7     | 10    | 5       |
| 15         | 5     | 7     | 10    | 5       |
| 16         | 10    | 21    | 23    | 5       |
| 17         | 10    | 24    | 22    | 5       |
| 18         | 10    | 17    | 19    | 5       |
| 19         | 9     | 17    | 20    | 5       |
| 20         | 6     | 7     | 20    | 5       |
| 21         | 19    | 29    | 60    | 9       |
| 22         | 21    | 31    | 60    | 9       |
| 23         | 19    | 31    | 60    | 9       |
| 24         | 20    | 30    | 60    | 11      |
| 25         | 21    | 31    | 60    | 11      |
| 26         | 18    | 30    | 60    | 11      |
| 27         | 20    | 31    | 60    | 11      |
| 28         | 21    | 29    | 60    | 11      |
| 29         | 2     | 3     | 6     | 11      |
| 30         | 2     | 3     | 5     | 11      |

#### 1.1.4. Логистические задачи, связанные с расчетом экономических показателей

Для выполнения экономических расчетов во внутрипроизводственной логистике используются следующие формулы.

Себестоимость одного изделия ( $S$ ) рассчитывается по формуле:

$$S = C_m + \frac{(C_p + C_{np}) \cdot (t_1 + t_2)}{60} + \frac{T_{см} \cdot N_l \cdot C_{np}}{V_{см}}, \quad (4)$$

где  $C_m$  — расходы материалов на одно изделие, руб.;

$C_p$  — расходы на один час работы, руб.;

$C_{np}$  — расходы на один час простоя, руб.;

$t_1$  — длительность первой операции, мин.;

$t_2$  — длительность второй операции, мин.;

$T_{см}$  — продолжительность смены, час;

$N_l$  — число линий;

$V_{см}$  — выпуск изделий за смену.

Формула (4) используется, если число операций равно двум. В общем случае для  $n$  операций длительности всех операций суммируются, себестоимость одного изделия ( $S$ ) рассчитывается по формуле 5:

$$S = C_m + \frac{(C_p + C_{np}) \cdot \sum t_i}{60} + \frac{T_{см} \cdot N_l \cdot C_{np}}{V_{см}}, \quad (5)$$

где  $t_i$  — длительность  $i$ -той операции, мин. Остальные показатели учитываются в формуле аналогично. Прибыль ( $P$ ), приходящаяся на одну смену, рассчитывается по формуле 6:

$$P = (d - S) \cdot V_{см}, \quad (6)$$

где  $V_{см}$  — выпуск изделий за смену;

$d$  — цена изделия, руб.;

$S$  — себестоимость изделия, руб.

*Примечание.* Налоги при расчете себестоимости и прибыли либо не учитываются, либо считаются включенными в удельные экономические показатели.

### Задача 8

Известны данные по производству определенного изделия:

- 1) расходы материалов на одно изделие  $C_m = 1000$  руб.;
- 2) расходы за один час работы  $C_p = 800$  руб.;
- 3) расходы за один час простоя  $C_{np} = 700$  руб.;
- 4) длительность первой операции  $t_1 = 31$  мин.;
- 5) длительность второй операции  $t_2 = 19$  мин.
- 6) цена изделия  $d = 3000$  руб.

Количество рабочих дней в году ( $D_p$ ) принять равным 250 дням.

Рассчитать объем выпуска на двух и трех линиях. Определить себестоимость изделия и годовую прибыль. На сколько процентов изменится себестоимость при вводе дополнительной линии?

### Задача 9

Производство включает две технологические операции: длительность первой операции  $t_1 = 10$  мин, длительность второй операции  $t_2 = 19$  мин. На каждую операцию используется одна машина.

Поступило предложение закупить еще одну машину стоимостью –4650 тыс. руб. Известны следующие данные:

- цена изделия — 3000 руб.;
- расходы материалов на одно изделие  $C_m = 1000$  руб.;
- расходы за один час работы  $C_p = 800$  руб.;
- расходы за один час простоя  $C_{np} = 700$  руб.

Требуется рассчитать ритм работы и определить себестоимость, доходы, прибыль, приходящиеся на одну смену.

### Задача 10

Производство включает две технологические операции:

- длительность первой операции  $t_1 = 12$  мин;
- длительность второй операции  $t_2 = 17$  мин.

Количество рабочих дней в году ( $D_p$ ) принять равным 250 дням.

Поступило предложение по рационализации технологии.

Длительность первой операции уменьшилась и стала  $t_1 = 9$  мин.

Известны следующие данные, необходимые для расчета:

- 1) цена изделия — 3000 руб.;
- 2) расходы материалов на одно изделие  $C_m = 1000$  руб.;
- 3) расходы за 1 час работы  $C_p = 800$  руб.;
- 4) расходы за 1 час простоя  $C_{np} = 700$  руб.

Какова экономия от этого предложения?

## 1.2. Задачи максимизации объема выпуска продукции за счет оптимального распределения трудовых ресурсов

Распределение ресурсов производственных процессов для определения максимального объема выпуска продукции является одной из важных задач производственной логистики.

При решении задач этого раздела необходимо учитывать следующие условия:

- производство состоит из участков, на которых можно производить различные операции. В нашем случае на каждом участке производится одна операция. Каждый участок требует свои производственные ресурсы: материалы, оборудование, людские силы;
- операции на производственных участках рассматриваются как независимые друг от друга, поэтому они могут производиться *параллельно*, а не *последовательно*;
- тип производства выбран с таким расчетом, что на каждом участке делается только один тип комплектующего изделия, и объем операций на всех участках должен быть равным. То есть спецификация сложного изделия имеет применяемость каждого комплектующего равную 1. В этом случае нет излишних запасов комплектующих;
- работники считаются универсальными. Они могут выполнять любые операции, но каждый работник прикрепляется к каждому участку на всю смену.

Рассмотрим алгоритм решения задач этого типа на примере.

### Пример 5

Сборочное производство имеет три участка. Длительность операций по участкам равна:  $t_1=17$  минут;

$t_2=31$  минут;

$t_3=97$  минут.

Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов.

Численность персонала  $N = 70$  человек.

Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным.

#### Решение:

1. Находим суммарную длительность всех операций ( $t_c$ ):

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i = \sum t_i, \quad (7)$$

$$t_c = 17 + 31 + 97 = 145 \text{ мин.}$$

2. Определяем выработку одного работника за смену ( $\nu_i$ ):

$$\nu_i = \left[ \frac{T_{см}}{t_i} \right], \quad (8)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, мин.,

$t_i$  – длительность операции на  $i$ -ом участке.

$$\nu_1 = \left[ \frac{480}{17} \right] = 28$$

$$\nu_2 = \left[ \frac{480}{31} \right] = 15$$

$$\nu_3 = \left[ \frac{480}{97} \right] = 4$$

3. Определяем первый вариант распределения численности персонала по формулам:

$$N_i = \left[ \frac{t_i^* N}{t_c} \right] \quad (9)$$

$$N_1 = \left[ \frac{17 \cdot 70}{145} \right] = 8;$$

$$N_2 = \left[ \frac{31 \cdot 70}{145} \right] = 14 .$$

Для того чтобы не нарушился баланс, на последнем участке численность персонала находим по формуле исходя из остаточного принципа

$$N_i = N - \sum_{i=1}^{n-1} N_i , \quad (10)$$

$$N_3 = 70 - (8 + 14) = 48$$

4. Определяем объем операций на каждом участке:

$$V_i = v_i \cdot N_i, \quad (11)$$

$$V_1 = 28 \cdot 8 = 224;$$

$$V_2 = 15 \cdot 14 = 210;$$

$$V_3 = 4 \cdot 48 = 192 .$$

5. Определяем объем выпуска продукции ( $V_{\min}$ ):

$$V_{\min} = \min \{V_i\}, \quad (12)$$

$$V_{\min} = 192$$

Объем выпуска продукции ограничивается минимальным объемом операций на участках.

6. Определяем избыток численности на участках ( $\Delta N_i$ ):

$$\Delta N_i = \left[ \frac{V_i - V_{\min}}{v_i} \right], \quad (13)$$

$$\Delta N_1 = \left[ \frac{224 - 192}{28} \right] = 1 ,$$

$$\Delta N_2 = \left[ \frac{210 - 192}{15} \right] = 1,$$

$$\Delta N_3 = \left[ \frac{192 - 192}{4} \right] = 0.$$

7. Необходимо сделать перераспределение численности персонала на участках. Для этого уменьшается численность на участке с максимальным объемом операций, то есть с максимальным избытком численности, и увеличивается численность персонала на участках с минимальным объемом операций. Это позволит увеличить минимальный объем операций, и следовательно, увеличить объем выпускаемой продукции. Новая численность персонала будет равна:

$$N_{li} = N_i + \Delta N_i. \quad (14)$$

8. После перераспределения численности продолжаем решение задачи итеративно, переходя на п.4.

Для удобства все решение задачи можно оформить в виде таблицы 8.

Таблица 8

| № уч.                      | Время операции, $T_i$ , мин.  | Выработка за смену, $v_i$ | Численность на участках, $N_i$ | Объем операций на участке, $V_i$ | Избыток числ. на участке, $\Delta N_i$ | Новая числ., $N_{li}$ | Новый объем операций, $V_{li}$ |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| <b>1</b>                   | 17                            | 28                        | 8                              | 224                              | 1                                      | 7                     | 196                            |
| <b>2</b>                   | 31                            | 15                        | 14                             | 210                              | 1                                      | 14                    | 210                            |
| <b>3</b>                   | 97                            | 4                         | 48                             | 192                              | 0                                      | 49                    | 196                            |
| <b><math>\Sigma</math></b> | <b><math>t_c = 145</math></b> |                           | <b><math>N = 70</math></b>     | <b>min = 192</b>                 |                                        |                       | <b>196</b>                     |

Для продолжения решения задачи при необходимости можно расширять таблицу, добавляя столбцы, идентичные 4,5,6 до получения конечного результата. В данном случае новый избыток численности будет равен нулю на всех участках.

Обычно критерием решения задачи служит равенство нулю «избытка численности» на всех участках. В некоторых случаях критерий решения усложняется. Это вариант так называемых «бегающих» единиц. Возможен «избыток численности» равный 1, который при расчетах циклически переходит от одного участка к другому. Но при этом максимальный объем выпуска продукции, остается постоянным и полученный результат не улучшается.

## Задачи для самостоятельного решения

### Задача 11

Сборочное производство имеет три участка. Длительность операций по участкам равна:  $t_1, t_2, t_3$ .

Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов.

Численность персонала –  $N$  человек.

Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным.

Данные по вариантам для параметров  $t_1, t_2, t_3$  и  $N$  приведены в таблице 9.

Таблица 9

#### Исходные данные по вариантам для задачи 11

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $N$ |
|---------------|-------|-------|-------|-----|
| 1             | 13    | 17    | 19    | 72  |
| 2             | 11    | 13    | 19    | 68  |
| 3             | 13    | 17    | 19    | 72  |
| 4             | 13    | 17    | 97    | 79  |
| 5             | 13    | 19    | 53    | 71  |
| 6             | 13    | 53    | 47    | 61  |
| 7             | 11    | 31    | 47    | 59  |
| 8             | 17    | 31    | 97    | 70  |
| 9             | 17    | 47    | 53    | 77  |
| 10            | 19    | 29    | 37    | 62  |
| 11            | 19    | 31    | 37    | 53  |
| 12            | 15    | 31    | 73    | 94  |
| 13            | 23    | 31    | 73    | 75  |

| № варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $N$ |
|------------|-------|-------|-------|-----|
| 14         | 29    | 31    | 73    | 62  |
| 15         | 31    | 37    | 73    | 53  |
| 16         | 37    | 41    | 73    | 54  |
| 17         | 37    | 43    | 73    | 45  |
| 18         | 37    | 43    | 59    | 48  |
| 19         | 41    | 43    | 59    | 58  |
| 20         | 41    | 53    | 59    | 47  |
| 21         | 53    | 59    | 61    | 59  |
| 22         | 51    | 59    | 67    | 45  |
| 23         | 29    | 59    | 67    | 59  |
| 24         | 31    | 59    | 67    | 66  |
| 25         | 53    | 59    | 67    | 66  |
| 26         | 59    | 61    | 67    | 43  |
| 27         | 59    | 61    | 71    | 60  |
| 28         | 59    | 61    | 79    | 67  |
| 29         | 61    | 73    | 79    | 65  |
| 30         | 61    | 73    | 83    | 61  |

### Задача 12

Сборочное производство имеет пять участков. Длительность операций по участкам равна  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$ .

Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов.

Численность персонала –  $N$  человек.

Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным.

Данные  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5$  и  $N$  приведены в таблице 10.

## Исходные данные по вариантам для задачи 12

| <b>№<br/>варианта</b> | <b><math>t_1</math></b> | <b><math>t_2</math></b> | <b><math>T_3</math></b> | <b><math>t_4</math></b> | <b><math>t_5</math></b> | <b><math>N</math></b> |
|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>1</b>              | 41                      | 13                      | 23                      | 77                      | 59                      | 117                   |
| <b>2</b>              | 39                      | 13                      | 23                      | 77                      | 49                      | 118                   |
| <b>3</b>              | 40                      | 11                      | 38                      | 75                      | 49                      | 161                   |
| <b>4</b>              | 7                       | 11                      | 38                      | 75                      | 53                      | 227                   |
| <b>5</b>              | 17                      | 11                      | 38                      | 66                      | 53                      | 161                   |
| <b>6</b>              | 19                      | 23                      | 38                      | 66                      | 13                      | 68                    |
| <b>7</b>              | 9                       | 23                      | 38                      | 87                      | 13                      | 89                    |
| <b>8</b>              | 9                       | 13                      | 57                      | 71                      | 16                      | 99                    |
| <b>9</b>              | 14                      | 43                      | 8                       | 51                      | 19                      | 86                    |
| <b>10</b>             | 11                      | 41                      | 17                      | 51                      | 44                      | 76                    |
| <b>11</b>             | 11                      | 13                      | 15                      | 17                      | 45                      | 221                   |
| <b>12</b>             | 43                      | 12                      | 14                      | 16                      | 18                      | 221                   |
| <b>13</b>             | 16                      | 44                      | 13                      | 15                      | 17                      | 220                   |
| <b>14</b>             | 15                      | 17                      | 45                      | 14                      | 16                      | 199                   |
| <b>15</b>             | 7                       | 10                      | 12                      | 14                      | 40                      | 221                   |
| <b>16</b>             | 37                      | 8                       | 11                      | 13                      | 15                      | 221                   |
| <b>17</b>             | 12                      | 38                      | 9                       | 12                      | 14                      | 203                   |
| <b>18</b>             | 11                      | 13                      | 39                      | 10                      | 13                      | 203                   |
| <b>19</b>             | 10                      | 12                      | 14                      | 40                      | 11                      | 201                   |
| <b>20</b>             | 8                       | 11                      | 13                      | 15                      | 41                      | 199                   |
| <b>21</b>             | 38                      | 9                       | 12                      | 14                      | 16                      | 221                   |
| <b>22</b>             | 13                      | 39                      | 10                      | 13                      | 15                      | 199                   |
| <b>23</b>             | 12                      | 14                      | 40                      | 11                      | 14                      | 221                   |
| <b>24</b>             | 11                      | 13                      | 15                      | 41                      | 12                      | 221                   |
| <b>25</b>             | 9                       | 12                      | 14                      | 16                      | 42                      | 201                   |
| <b>26</b>             | 39                      | 10                      | 13                      | 15                      | 17                      | 221                   |
| <b>27</b>             | 14                      | 40                      | 11                      | 14                      | 16                      | 204                   |
| <b>28</b>             | 13                      | 15                      | 41                      | 12                      | 15                      | 204                   |
| <b>29</b>             | 7                       | 10                      | 12                      | 14                      | 45                      | 221                   |
| <b>30</b>             | 43                      | 8                       | 11                      | 13                      | 15                      | 204                   |

### Задача 13

Сборочное производство имеет десять участков. Длительность операций по участкам равна  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$ . Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Численность персонала –  $N$  человек.

Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным.

Данные приведены в таблице 11.

Таблица 11

#### Исходные данные по вариантам для задачи 13

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $T_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| 1             | 11    | 3     | 17    | 19    | 21    | 16    | 14    | 13    | 7     | 10       | 287  |
| 2             | 15    | 30    | 11    | 45    | 19    | 20    | 4     | 10    | 12    | 17       | 259  |
| 3             | 15    | 30    | 11    | 45    | 8     | 20    | 23    | 10    | 12    | 17       | 300  |
| 4             | 15    | 5     | 11    | 45    | 19    | 7     | 23    | 10    | 12    | 17       | 301  |
| 5             | 12    | 5     | 17    | 45    | 15    | 19    | 23    | 10    | 12    | 22       | 307  |
| 6             | 15    | 9     | 11    | 25    | 19    | 20    | 23    | 10    | 8     | 17       | 203  |
| 7             | 67    | 45    | 33    | 23    | 6     | 9     | 15    | 64    | 55    | 43       | 113  |
| 8             | 57    | 35    | 23    | 33    | 13    | 7     | 25    | 54    | 45    | 61       | 193  |
| 9             | 17    | 35    | 23    | 33    | 11    | 18    | 25    | 24    | 6     | 30       | 129  |
| 10            | 14    | 43    | 8     | 51    | 33    | 25    | 7     | 15    | 60    | 17       | 133  |
| 11            | 15    | 30    | 11    | 8     | 19    | 20    | 23    | 10    | 12    | 17       | 199  |
| 12            | 17    | 35    | 23    | 33    | 16    | 20    | 25    | 10    | 45    | 30       | 185  |
| 13            | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 13    | 15    | 16    | 17    | 18       | 127  |
| 14            | 3     | 29    | 27    | 26    | 25    | 23    | 22    | 21    | 19    | 18       | 515  |
| 15            | 1     | 2     | 3     | 7     | 9     | 12    | 25    | 35    | 45    | 15       | 1117 |
| 16            | 1     | 3     | 2     | 5     | 9     | 7     | 15    | 19    | 17    | 8        | 90   |
| 17            | 17    | 35    | 23    | 33    | 16    | 20    | 25    | 10    | 30    | 19       | 222  |
| 18            | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 13    | 15    | 20    | 17    | 18       | 247  |
| 19            | 3     | 29    | 27    | 26    | 25    | 23    | 22    | 21    | 19    | 18       | 216  |
| 20            | 1     | 3     | 2     | 7     | 9     | 12    | 25    | 35    | 45    | 15       | 217  |
| 21            | 1     | 3     | 2     | 5     | 9     | 7     | 15    | 19    | 17    | 8        | 120  |
| 22            | 17    | 33    | 23    | 33    | 16    | 20    | 24    | 10    | 31    | 19       | 222  |
| 23            | 30    | 8     | 9     | 10    | 11    | 13    | 15    | 7     | 17    | 18       | 247  |
| 24            | 19    | 30    | 27    | 26    | 25    | 23    | 22    | 21    | 3     | 18       | 216  |
| 25            | 1     | 3     | 2     | 7     | 9     | 13    | 25    | 34    | 47    | 15       | 419  |

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$ |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|
| 26            | 1     | 3     | 2     | 5     | 9     | 7     | 15    | 19    | 17    | 8        | 300 |
| 27            | 17    | 30    | 20    | 33    | 15    | 20    | 25    | 10    | 31    | 19       | 225 |
| 28            | 30    | 7     | 10    | 9     | 11    | 13    | 15    | 6     | 17    | 20       | 250 |
| 29            | 3     | 30    | 31    | 26    | 25    | 29    | 22    | 20    | 19    | 18       | 218 |
| 30            | 1     | 2     | 3     | 7     | 9     | 13    | 25    | 30    | 50    | 15       | 429 |

### Задача 14

Сборочное производство имеет десять участков. Длительность операций по участкам равна:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$ . Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Численность персонала –  $N$  человек. Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным.

Данные  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$  и  $N$  приведены в таблице 12.

Таблица 12

### Исходные данные по вариантам для задачи 14

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$  |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| 1             | 3     | 2     | 1     | 5     | 10    | 7     | 15    | 20    | 17    | 8        | 306  |
| 2             | 11    | 3     | 19    | 20    | 21    | 16    | 14    | 13    | 7     | 10       | 294  |
| 3             | 3     | 3     | 7     | 7     | 3     | 3     | 3     | 7     | 3     | 7        | 32   |
| 4             | 67    | 45    | 33    | 23    | 79    | 88    | 15    | 64    | 55    | 43       | 110  |
| 5             | 57    | 35    | 23    | 33    | 69    | 78    | 25    | 54    | 45    | 60       | 193  |
| 6             | 17    | 35    | 23    | 33    | 19    | 18    | 25    | 24    | 45    | 30       | 83   |
| 7             | 17    | 35    | 23    | 33    | 16    | 20    | 25    | 10    | 45    | 30       | 185  |
| 8             | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 13    | 15    | 16    | 17    | 18       | 127  |
| 9             | 3     | 29    | 27    | 26    | 25    | 23    | 22    | 21    | 19    | 18       | 515  |
| 10            | 1     | 3     | 2     | 7     | 9     | 12    | 25    | 35    | 45    | 15       | 1117 |
| 11            | 1     | 3     | 2     | 5     | 9     | 7     | 15    | 19    | 17    | 8        | 90   |
| 12            | 17    | 30    | 20    | 33    | 15    | 20    | 25    | 10    | 31    | 19       | 223  |
| 13            | 30    | 7     | 10    | 9     | 11    | 13    | 15    | 6     | 17    | 20       | 248  |
| 14            | 3     | 30    | 31    | 26    | 25    | 29    | 22    | 20    | 19    | 18       | 216  |
| 15            | 1     | 2     | 3     | 7     | 9     | 13    | 25    | 30    | 50    | 15       | 422  |

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$ |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|
| 16            | 3     | 2     | 1     | 5     | 10    | 7     | 15    | 20    | 17    | 8        | 304 |
| 17            | 11    | 3     | 19    | 20    | 21    | 16    | 14    | 13    | 7     | 10       | 289 |
| 18            | 15    | 31    | 11    | 44    | 18    | 20    | 4     | 10    | 13    | 17       | 259 |
| 19            | 15    | 29    | 11    | 45    | 9     | 19    | 23    | 10    | 13    | 17       | 300 |
| 20            | 14    | 5     | 11    | 44    | 19    | 7     | 24    | 10    | 13    | 17       | 301 |
| 21            | 12    | 5     | 17    | 43    | 15    | 19    | 23    | 10    | 12    | 22       | 306 |
| 22            | 13    | 9     | 11    | 25    | 19    | 21    | 23    | 10    | 17    | 7        | 208 |
| 23            | 66    | 45    | 33    | 23    | 6     | 10    | 16    | 60    | 50    | 43       | 114 |
| 24            | 58    | 36    | 23    | 33    | 13    | 7     | 25    | 54    | 44    | 61       | 191 |
| 25            | 17    | 60    | 23    | 33    | 11    | 18    | 25    | 24    | 6     | 30       | 123 |
| 26            | 17    | 40    | 7     | 50    | 31    | 33    | 7     | 13    | 60    | 19       | 134 |
| 27            | 15    | 3     | 11    | 8     | 19    | 60    | 23    | 10    | 12    | 17       | 199 |
| 28            | 17    | 33    | 23    | 33    | 16    | 20    | 24    | 10    | 31    | 19       | 222 |
| 29            | 30    | 8     | 9     | 10    | 11    | 13    | 15    | 7     | 17    | 18       | 247 |
| 30            | 3     | 29    | 27    | 26    | 25    | 23    | 22    | 21    | 19    | 18       | 216 |

## Задача 15

Сборочное производство имеет десять участков. Длительность операций по участкам равна:  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$ . Продолжительность смены  $T_{см} = 8$  часов. Численность персонала –  $N$  человек. Распределить численность персонала по участкам так, чтобы объем выпуска продукции был максимальным. В этой задаче ответы, как правило, получаются в виде «бегающих единиц». Данные  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}$  и  $N$  приведены в таблице 13.

Таблица 13

| №<br>варианта | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$ |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-----|
| 1             | 12    | 7     | 8     | 5     | 4     | 3     | 12    | 91    | 31    | 10       | 686 |
| 2             | 2     | 5     | 12    | 7     | 4     | 11    | 13    | 44    | 10    | 66       | 603 |
| 3             | 12    | 7     | 8     | 5     | 4     | 3     | 12    | 91    | 31    | 10       | 690 |
| 4             | 2     | 5     | 8     | 7     | 4     | 11    | 13    | 34    | 33    | 67       | 403 |
| 5             | 2     | 5     | 8     | 7     | 4     | 11    | 13    | 89    | 33    | 10       | 776 |

| <b>№<br/>варианта</b> | $t_1$ | $t_2$ | $t_3$ | $t_4$ | $t_5$ | $t_6$ | $t_7$ | $t_8$ | $t_9$ | $t_{10}$ | $N$  |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------|
| <b>6</b>              | 2     | 5     | 8     | 7     | 4     | 6     | 13    | 88    | 31    | 10       | 996  |
| <b>7</b>              | 2     | 5     | 8     | 7     | 4     | 6     | 13    | 87    | 31    | 10       | 303  |
| <b>8</b>              | 2     | 7     | 8     | 5     | 4     | 6     | 12    | 87    | 31    | 10       | 436  |
| <b>9</b>              | 4     | 3     | 5     | 7     | 2     | 11    | 13    | 88    | 10    | 12       | 823  |
| <b>10</b>             | 4     | 6     | 5     | 7     | 2     | 11    | 13    | 78    | 10    | 12       | 713  |
| <b>11</b>             | 2     | 6     | 5     | 7     | 4     | 11    | 14    | 67    | 10    | 12       | 619  |
| <b>12</b>             | 5     | 3     | 9     | 7     | 2     | 11    | 13    | 20    | 10    | 47       | 497  |
| <b>13</b>             | 12    | 3     | 4     | 7     | 2     | 11    | 13    | 22    | 10    | 55       | 557  |
| <b>14</b>             | 11    | 3     | 4     | 7     | 2     | 12    | 13    | 22    | 9     | 61       | 500  |
| <b>15</b>             | 11    | 3     | 4     | 7     | 2     | 12    | 13    | 14    | 10    | 61       | 311  |
| <b>16</b>             | 2     | 7     | 8     | 11    | 35    | 8     | 13    | 9     | 10    | 11       | 397  |
| <b>17</b>             | 3     | 7     | 8     | 11    | 5     | 8     | 13    | 9     | 10    | 11       | 666  |
| <b>18</b>             | 4     | 6     | 5     | 7     | 2     | 11    | 13    | 88    | 10    | 12       | 803  |
| <b>19</b>             | 4     | 6     | 5     | 7     | 2     | 11    | 13    | 78    | 10    | 12       | 704  |
| <b>21</b>             | 4     | 6     | 5     | 7     | 3     | 11    | 13    | 81    | 10    | 12       | 557  |
| <b>22</b>             | 2     | 6     | 5     | 7     | 4     | 11    | 13    | 67    | 10    | 12       | 608  |
| <b>23</b>             | 9     | 11    | 36    | 8     | 10    | 15    | 43    | 5     | 7     | 12       | 202  |
| <b>24</b>             | 2     | 5     | 4     | 7     | 11    | 12    | 25    | 34    | 41    | 14       | 156  |
| <b>25</b>             | 2     | 5     | 4     | 3     | 11    | 12    | 13    | 14    | 10    | 43       | 997  |
| <b>26</b>             | 2     | 3     | 4     | 5     | 10    | 11    | 13    | 14    | 45    | 12       | 1006 |
| <b>27</b>             | 2     | 5     | 4     | 7     | 11    | 12    | 13    | 15    | 10    | 60       | 888  |
| <b>28</b>             | 11    | 3     | 4     | 7     | 2     | 12    | 13    | 14    | 10    | 61       | 221  |
| <b>29</b>             | 11    | 3     | 4     | 7     | 2     | 12    | 13    | 22    | 10    | 61       | 398  |
| <b>30</b>             | 12    | 3     | 4     | 7     | 2     | 11    | 13    | 22    | 10    | 55       | 665  |

### 1.3. Задачи на определение «узкого места» в производственной логистической системе

Тип внутрипроизводственной логистической системы (ВПЛС), ориентированной на определение и устранение «узкого» места в производстве возник в 1980-тых годах как конкурентный ответ на широкое распространение японских систем тянущего типа. Важное значение в создании нового типа ВПЛС сыграла теория ограничений Э. Голдратта. При определении «узкого места» находятся ресурсы, имеющие критическое значение. Использование определенного объема критических ресурсов необходимо для устранения «узкого места» и достижения нового уровня пропускной способности системы.

#### Пример 6

Дана производственная система, которая имеет структуру, состоящую из трех параллельных технологических линий и сборочной линии. Первые три параллельные линии сходятся в сборочную линию, которая нумеруется под номером 4. Каждая из четырех линий включает три участка. Производство использует два ресурса – оборудование и персонал. Ресурсы распределены по участкам и не являются взаимозаменяемыми. В таблице 14 приводится количество ресурсов, используемых на каждом участке.

Таблица 14

#### Исходные данные

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
|            |                         |                        |     |     |                    |    |    |
| 1          | оборудование            | 22                     | 39  | 51  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                    |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал                | 24                     | 15  | 16  |                    |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                    |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 203 | 330 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 112 |                    |    |    |

Работа каждого участка зависит от определенного минимального нормативного значения ресурсов, количества единиц оборудования и минимальной численности персонала. Эти нормативные сведения даны в таблице 15. Для каждой такой производственной единицы, «комплекса», есть своя «производительность», которая указывается в таблице 14. Таким образом, любой участок может наращивать свою производительность дискретно, увеличивая число комплексов. Комплекс – это рабочее место, обеспечивающее

требуемую производительность при наличии соответствующего минимального количества ресурсов.

Увеличение количества ресурсов без соблюдения пропорций не обеспечивает эффективный рост производительности участка в целом. «Производительность» в таблице 14 тоже носит нормативный характер и относится к комплексу, а не участку.

Таблица 15

### Нормативные сведения

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Нормативное количество<br>ресурса |    |    |
|------------|-------------------------|-----------------------------------|----|----|
|            |                         |                                   |    |    |
| 1          | оборудование            | 11                                | 13 | 17 |
|            | персонал                | 5                                 | 3  | 4  |
| 2          | оборудование            | 12                                | 8  | 6  |
|            | персонал                | 6                                 | 5  | 4  |
| 3          | оборудование            | 11                                | 17 | 7  |
|            | персонал                | 7                                 | 3  | 3  |
| 4          | оборудование            | 31                                | 29 | 33 |
|            | персонал                | 23                                | 13 | 14 |

Необходимо определить наиболее «узкое место» производственной системы, то есть технологическую линию и участок, который определяет пропускную способность системы в целом.

Кроме того необходимо определить дефицит критического ресурса, т.е. количество ресурса, которое необходимо добавить, чтобы повысить пропускную способность системы до следующего уровня.

### Решение

Для определения пропускной способности системы требуется сначала рассчитать пропускную способность каждого участка с учетом ресурсов по формуле:

$$P = [ F / f ] \cdot v$$

Где  $P$  - пропускная способность участка,

$F$  - исходное количество ресурсов на участке (таблица 14),

$f$  - норма ресурса на данном участке (таблица 15),

$v$  - производительность комплекса (таблица 14).

Квадратные скобки указывают, что надо вычислять целое число комплексов, отбрасывая дробную часть, получаемую после деления. Не надо путать определение целого числа с операцией округления. Это разные операции. Их результат может не совпадать.

Так для первого участка первой линии количество оборудования ( $F$ ) равно 22, норма для оборудования ( $f$ ) равна 11. Следовательно, число комплексов равно двум. Поскольку производительность комплекса ( $v$ ) составляет 100, то пропускная способность ( $P$ ) для этого участка равна 200. Но этот результат относится только к оборудованию.

Для первого участка первой линии пропускная способность по персоналу будет равна 300, поскольку исходная численность персонала 16 человек, разделенная на норму в 5 человек даст 3 комплекса. И отсюда при производительности комплекса в 100 единиц мы будем иметь пропускную способность первого участка по персоналу – 300.

Эти результаты мы заносим в таблицу 3. Ясно, что пропускная способность первого участка первой линии будет минимумом с учетом ограничений по двум ресурсам, оборудованию и персоналу, то есть 200.

Аналогичным образом рассчитываются все значения пропускной способности по участкам всех технологических линий, включая сборную линию с номером 4.

Результаты заносятся в таблицу 16.

Таблица 16

### Расчет пропускной способности системы

| № линии                        | Наименование ресурса | Пропускная способность участков |     |     | Пропускная способность линий |
|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----|-----|------------------------------|
| 1                              | оборудование         | 200                             | 270 | 246 | 200                          |
|                                | персонал             | 300                             | 540 | 656 |                              |
| 2                              | оборудование         | 330                             | 390 | 300 | 195                          |
|                                | персонал             | 220                             | 195 | 200 |                              |
| 3                              | оборудование         | 216                             | 196 | 216 | 196                          |
|                                | персонал             | 264                             | 252 | 324 |                              |
| 4                              | оборудование         | 270                             | 196 | 270 | 196                          |
|                                | персонал             | 210                             | 252 | 216 |                              |
| Пропускная способность системы |                      |                                 |     |     | 195                          |

Минимальная величина из всех пропускных способностей участков соответствует пропускной способности каждой отдельной технологической линии.

Пропускная способность системы в общем случае рассчитывается исходя из спецификации изделия, получаемого на сборке. В нашем случае взят упрощенный вариант, каждая линия производит одну деталь. Т.е. применяемость равна единице. При таком условии пропускная способность значению из значений пропускных способностей всех линий, и равна 195.

Из результатов в таблице 3 следует, что узким местом является участок 2 второй технологической линии. Критический ресурс – численность персонала на этом участке. Остается определить недостающую численность.

Следующим уровнем пропускной способности будет 196. Но, чтобы к нему перейти надо устранить первое узкое место. При численности 15 чел. ( $F$ ) и норме ( $f$ ) в 5 чел. получаем частное от деления нацело - 3 комплекса. Требуется добавить еще один комплекс. Для четырех комплексов численность будет равна произведению 4 на норму в 5 чел., т.е. 20 чел. Дефицит ресурса численности - это разность нормативного значения (20 чел.) и исходного значения (15 чел.), и равен 5.

Ответ: узкое место - участок 2 второй технологической линии. Дефицит численности персонала – 5 человек.

### Задачи для самостоятельного решения:

#### Задача 16

Решить аналогичную задачу, используя таблицу 15 и исходные данные в таблицах 17-47.

Необходимо определить «узкое место» производственной системы и дефицит критического ресурса.

Таблица 17

#### Номер варианта – 1

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
|            |                         |                        |     |     |                    |    |    |
| 1          | оборудование            | 22                     | 39  | 51  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                    |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал                | 24                     | 15  | 16  |                    |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                    |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 203 | 330 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 111 |                    |    |    |

Таблица 18

**Номер варианта - 2**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 50                     | 43  | 52  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал                | 42                     | 38  | 47  |                    |    |    |
| 2          | оборудование            | 110                    | 71  | 70  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал                | 71                     | 66  | 85  |                    |    |    |
| 3          | оборудование            | 120                    | 150 | 88  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал                | 81                     | 52  | 41  |                    |    |    |
| 4          | оборудование            | 308                    | 299 | 305 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 187 | 190 |                    |    |    |

Таблица 19

**Номер варианта - 3**

| N<br>линии | Наименова-<br>ние ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|---------------------------|---------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование              | 25                  | 30  | 45  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                  | 42                  | 38  | 47  |                         |    |    |
| 2          | оборудование              | 110                 | 92  | 70  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                  | 71                  | 66  | 85  |                         |    |    |
| 3          | оборудование              | 120                 | 150 | 88  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                  | 81                  | 52  | 41  |                         |    |    |
| 4          | оборудование              | 308                 | 299 | 305 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                  | 213                 | 187 | 190 |                         |    |    |

Таблица 20

**Номер варианта - 4**

| N<br>линии | Наимено-<br>вание ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производитель-<br>ность |    |    |
|------------|---------------------------|---------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование              | 50                  | 43  | 52  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                  | 42                  | 38  | 47  |                         |    |    |
| 2          | оборудование              | 110                 | 71  | 70  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                  | 71                  | 17  | 85  |                         |    |    |
| 3          | оборудование              | 120                 | 150 | 88  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                  | 81                  | 52  | 41  |                         |    |    |
| 4          | оборудование              | 308                 | 299 | 305 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                  | 213                 | 187 | 190 |                         |    |    |

Таблица 21

**Номер варианта – 5**

| N<br>линии | Наименование ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|----------------------|---------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
| 1          | оборудование         | 50                  | 43  | 52  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал             | 42                  | 38  | 47  |                    |    |    |
| 2          | оборудование         | 110                 | 71  | 70  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал             | 71                  | 22  | 85  |                    |    |    |
| 3          | оборудование         | 120                 | 150 | 88  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал             | 81                  | 52  | 41  |                    |    |    |
| 4          | оборудование         | 308                 | 299 | 264 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал             | 213                 | 187 | 190 |                    |    |    |

Таблица 22

**Номер варианта - 6**

| N<br>линии | Наименование ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|----------------------|---------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
| 1          | оборудование         | 37                  | 52  | 69  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал             | 22                  | 21  | 33  |                    |    |    |
| 2          | оборудование         | 77                  | 55  | 32  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал             | 27                  | 24  | 19  |                    |    |    |
| 3          | оборудование         | 124                 | 176 | 89  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал             | 64                  | 25  | 39  |                    |    |    |
| 4          | оборудование         | 287                 | 235 | 299 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал             | 169                 | 120 | 132 |                    |    |    |

Таблица 23

**Номер варианта - 7**

| N<br>линии | Наименование ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительность |    |    |
|------------|----------------------|---------------------|-----|-----|--------------------|----|----|
| 1          | оборудование         | 37                  | 43  | 69  | 100                | 90 | 82 |
|            | персонал             | 22                  | 21  | 33  |                    |    |    |
| 2          | оборудование         | 88                  | 71  | 31  | 55                 | 65 | 50 |
|            | персонал             | 34                  | 22  | 38  |                    |    |    |
| 3          | оборудование         | 123                 | 172 | 98  | 24                 | 28 | 18 |
|            | персонал             | 81                  | 52  | 43  |                    |    |    |
| 4          | оборудование         | 308                 | 299 | 333 | 30                 | 28 | 27 |
|            | персонал             | 213                 | 200 | 190 |                    |    |    |

Таблица 24

**Номер варианта - 8**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 43  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 31  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 22  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 123                    | 172 | 98  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 81                     | 52  | 43  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 308                    | 299 | 333 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 25

**Номер варианта - 9**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 43  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 22  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 123                    | 172 | 98  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 81                     | 52  | 43  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 308                    | 299 | 333 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 26

**Номер варианта – 10**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 43  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 22  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 123                    | 172 | 105 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 81                     | 52  | 45  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 308                    | 299 | 333 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 27

**Номер варианта – 11**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 43  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 123                    | 172 | 105 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 81                     | 52  | 45  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 308                    | 299 | 333 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 28

**Номер варианта - 12**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 22                     | 37  | 51  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 24                     | 15  | 16  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 203 | 330 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 111 |                         |    |    |

Таблица 29

**Номер варианта - 13**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 43  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 363 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 30

**Номер варианта - 14**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 105 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 363 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 31

**Номер варианта - 15**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 45  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 363 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 32

**Номер варианта - 16**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 323 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 33

**Номер варианта - 17**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 323 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 34

**Номер варианта - 18**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 363 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 213                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 35

**Номер варианта - 19**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 88                     | 71  | 36  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 34                     | 25  | 38  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 132                    | 172 | 112 | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 84                     | 52  | 48  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 310                    | 299 | 363 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 230                    | 200 | 190 |                         |    |    |

Таблица 36

**Номер варианта - 20**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 32  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 27                     | 24  | 21  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 89  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 64                     | 25  | 39  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 235 | 299 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 169                    | 120 | 132 |                         |    |    |

Таблица 37

**Номер варианта - 21**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 32  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 27                     | 24  | 21  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 89  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 64                     | 25  | 39  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 235 | 299 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 184                    | 120 | 132 |                         |    |    |

Таблица 38

**Номер варианта - 22**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 32  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 27                     | 24  | 21  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 93  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 25  | 39  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 235 | 299 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 184                    | 120 | 132 |                         |    |    |

Таблица 39

**Номер варианта - 23**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 32  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 30                     | 24  | 21  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 93  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 25  | 39  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 235 | 299 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 184                    | 120 | 132 |                         |    |    |

Таблица 40

**Номер варианта - 24**

| N<br>линии | Наименовани<br>е ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительно<br>сть |    |    |
|------------|--------------------------|---------------------|-----|-----|------------------------|----|----|
| 1          | оборудование             | 37                  | 52  | 69  | 100                    | 90 | 82 |
|            | персонал                 | 22                  | 21  | 33  |                        |    |    |
| 2          | оборудование             | 77                  | 55  | 32  | 55                     | 65 | 50 |
|            | персонал                 | 30                  | 24  | 21  |                        |    |    |
| 3          | оборудование             | 124                 | 176 | 93  | 24                     | 28 | 18 |
|            | персонал                 | 78                  | 27  | 39  |                        |    |    |
| 4          | оборудование             | 287                 | 261 | 299 | 30                     | 28 | 27 |
|            | персонал                 | 184                 | 120 | 132 |                        |    |    |

Таблица 41

**Номер варианта - 25**

| N<br>линии | Наименовани<br>е ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительно<br>сть |    |    |
|------------|--------------------------|---------------------|-----|-----|------------------------|----|----|
| 1          | оборудование             | 37                  | 52  | 69  | 100                    | 90 | 82 |
|            | персонал                 | 22                  | 21  | 33  |                        |    |    |
| 2          | оборудование             | 77                  | 55  | 32  | 55                     | 65 | 50 |
|            | персонал                 | 30                  | 24  | 21  |                        |    |    |
| 3          | оборудование             | 124                 | 176 | 98  | 24                     | 28 | 18 |
|            | персонал                 | 78                  | 27  | 42  |                        |    |    |
| 4          | оборудование             | 287                 | 261 | 299 | 30                     | 28 | 27 |
|            | персонал                 | 184                 | 120 | 132 |                        |    |    |

Таблица 42

**Номер варианта - 26**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 32  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 30                     | 24  | 21  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 98  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 42  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 261 | 299 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 207                    | 120 | 132 |                         |    |    |

Таблица 43

**Номер варианта - 27**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 37                     | 52  | 69  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 22                     | 21  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 30                     | 24  | 25  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 124                    | 176 | 98  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 42  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 261 | 330 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 207                    | 120 | 140 |                         |    |    |

Таблица 44

**Номер варианта - 28**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 22                     | 37  | 50  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 22                     | 15  | 15  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 174 | 330 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 111 |                         |    |    |

Таблица 45

**Номер варианта - 29**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 22                     | 37  | 50  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 22                     | 15  | 16  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 174 | 330 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 111 |                         |    |    |

Таблица 46

**Номер варианта - 30**

| N<br>линии | Наименование<br>ресурса | Количество<br>ресурсов |     |     | Производи-<br>тельность |    |    |
|------------|-------------------------|------------------------|-----|-----|-------------------------|----|----|
| 1          | оборудование            | 22                     | 37  | 51  | 100                     | 90 | 82 |
|            | персонал                | 16                     | 18  | 33  |                         |    |    |
| 2          | оборудование            | 77                     | 55  | 37  | 55                      | 65 | 50 |
|            | персонал                | 22                     | 15  | 16  |                         |    |    |
| 3          | оборудование            | 109                    | 119 | 90  | 24                      | 28 | 18 |
|            | персонал                | 78                     | 27  | 56  |                         |    |    |
| 4          | оборудование            | 287                    | 174 | 330 | 30                      | 28 | 27 |
|            | персонал                | 161                    | 120 | 111 |                         |    |    |

Таблица 47

**Номер варианта - 31**

| N<br>линии | Наименовани<br>е ресурса | Количество ресурсов |     |     | Производительно<br>сть |    |    |
|------------|--------------------------|---------------------|-----|-----|------------------------|----|----|
| 1          | оборудование             | 22                  | 37  | 51  | 100                    | 90 | 82 |
|            | персонал                 | 16                  | 18  | 33  |                        |    |    |
| 2          | оборудование             | 77                  | 55  | 37  | 55                     | 65 | 50 |
|            | персонал                 | 24                  | 15  | 16  |                        |    |    |
| 3          | оборудование             | 109                 | 119 | 90  | 24                     | 28 | 18 |
|            | персонал                 | 78                  | 27  | 56  |                        |    |    |
| 4          | оборудование             | 287                 | 174 | 330 | 30                     | 28 | 27 |
|            | персонал                 | 161                 | 120 | 111 |                        |    |    |

## 2. Задачи по транспортной и складской логистике

Одной из важных задач транспортной и складской логистик является определение вместимости транспортных средств и складов, а также оптимальное размещение груза на них. В результате решения задач по этим разделам логистики мы должны определить максимальное число единиц товара, размещаемого в данном транспортном средстве или на складе. При формировании грузов по направлениям отправки можно комплектовать сборные грузы. Для этого необходимо решать задачи комплектации грузов.

### 2.1. Задачи по определению оптимальной вместимости транспортных средств и складов

#### Пример 7

Имеется товар со следующими параметрами:  $x=7$  ед.,  $y=11$  ед.,  $z=17$  ед. Контейнер имеет следующие размеры:  $A=44$  ед.,  $B=57$  ед.,  $C=90$  ед. Найти максимальное количество товара, размещаемого в данном контейнере.

#### Решение

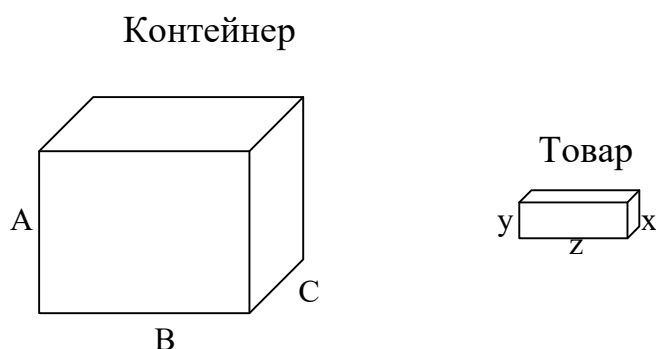


Рис.5. Параметры контейнера и товара

Для решения данной задачи в первую очередь составляется матрица рядов, то есть определяется число рядов груза, которое поместится в контейнер при различных вариантах расположения сторон товара относительно его сторон. Таким образом, если укладывать товар стороной  $z$  вдоль стороны  $B$  контейнера (рис.6), то получится  $[57 \div 17] = 3$  ряда и какой-то остаток, в который невозможно уложить еще один ряд. Этот остаток будет равен  $57 - (17 \cdot 3) = 6$  ед.

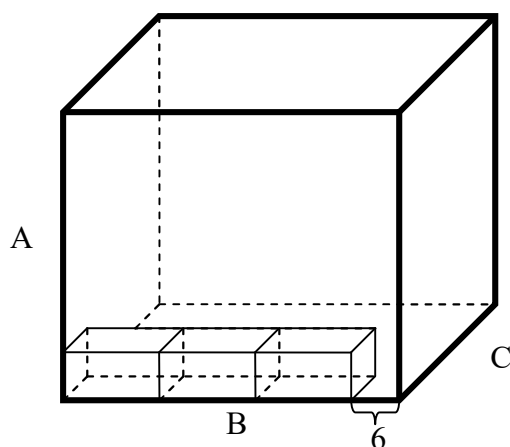


Рис.6. Заполнение контейнера по одному из вариантов (сторона z вдоль стороны B)

Аналогично рассчитывается количество рядов, получаемое при различных вариантах укладки товара относительно контейнера и соответствующие остатки. Результаты сводятся в матрицу «рядов» и матрицу «остатков» (рис.7).

**Матрица «рядов»**

|      | x=7 | y=11 | z=17 |
|------|-----|------|------|
| A=44 | 6   | 4    | 2    |
| B=57 | 8   | 5    | 3    |
| C=90 | 12  | 8    | 5    |

**Матрица «остатков»**

|      | x=7 | y=11 | z=17 |
|------|-----|------|------|
| A=44 | 2   | 0    | 10   |
| B=57 | 1   | 2    | 6    |
| C=90 | 6   | 2    | 5    |

Рис. 7. Матрица «рядов» и матрица «остатков»

После составления матрицы «рядов» определяются варианты пространственного заполнения контейнера. В общем случае их может быть всего шесть:

|   | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A |   |   |   |
| B |   |   | 2 |
| C |   |   | 1 |

|   | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A |   |   | 4 |
| B |   |   | 3 |
| C |   |   | 3 |

|   | x | y | z |
|---|---|---|---|
| A |   |   | 6 |
| B |   |   | 5 |
| C |   |   |   |

Рис.8. Варианты заполнения пространства

Далее определяется количество товара, которое поместится в контейнере при каждом варианте заполнения (табл.48).

Таблица 48

| №   | Вариант заполнения         | Расчет                   | Результат  | Дополнительные единицы товара | Конечный результат |
|-----|----------------------------|--------------------------|------------|-------------------------------|--------------------|
| 1.  | $Ax \bullet By \bullet Cz$ | $6 \bullet 5 \bullet 5$  | 150        |                               | 150                |
| 2.  | $Ax \bullet Cy \bullet Bz$ | $6 \bullet 8 \bullet 3$  | 144        |                               | 144                |
| 3.  | $Bx \bullet Ay \bullet Cz$ | $8 \bullet 4 \bullet 5$  | 160        |                               | 160                |
| 4.  | $Bx \bullet Cy \bullet Az$ | $8 \bullet 8 \bullet 2$  | 128        | +25                           | 153                |
| 5.  | $Cx \bullet Ay \bullet Bz$ | $12 \bullet 4 \bullet 3$ | 144        |                               | 144                |
| 6.  | $Cx \bullet By \bullet Az$ | $12 \bullet 5 \bullet 2$ | 120        | +25                           | 145                |
| max |                            |                          | <b>160</b> |                               | <b>160</b>         |

Как видно из таблицы, третий вариант заполнения контейнера наиболее выгодный, так как при этом варианте в контейнер поместится максимальное число единиц товара, равное 160. Однако прежде чем сказать, что это и есть окончательный ответ, вернемся к матрице «остатков». Если среди остатков нет таких, которые были бы больше одной из сторон товара, то полученный ответ является окончательным. В случае же, если величина остатка больше какой-либо стороны товара, необходимо рассмотреть варианты заполнения свободной части контейнера.

Для этого определяем сторону контейнера, на которой остаток превысил одну из сторон товара (в нашем случае это сторона  $A=44$  при укладке вдоль нее товара стороной  $z=17$ , остаток при этом равен 10). Далее мы мысленно отсекаем часть пространства, ограниченную остатком и другими сторонами контейнера (рис.9.), и строим матрицу «рядов» для этого пространства. Аналогично определяется максимально возможное число товара, которое можно разместить в этом пространстве (табл. 49). Как видно из таблицы 49, в этом пространстве мы дополнительно можем разместить 25 единиц товара.

Полученный результат, т.е. 25 единиц, прибавляется к ранее полученным вариантам *только по тем путям, на которых образовался остаток*, больший одной из сторон товара (в нашем примере это  $Bx \bullet Cy \bullet Az$  и  $Cx \bullet By \bullet Az$ ).

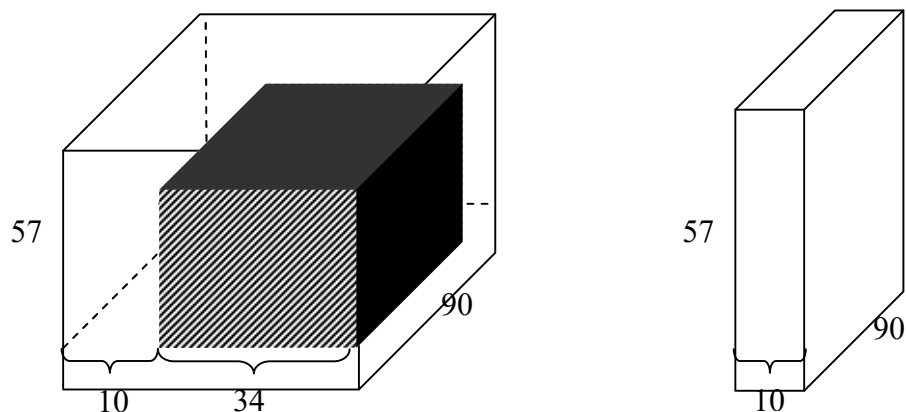


Рис.9. Определение свободной части контейнера, которую необходимо заполнить

Матрица «рядов»

|      | x=7 | y=11 | z=17 |
|------|-----|------|------|
| A=10 | 1   | 0    | 0    |
| B=57 | 8   | 5    | 3    |
| C=90 | 12  | 8    | 5    |

Таблица 49

| №   | Вариант заполнения         | Расчет                   | Результат |
|-----|----------------------------|--------------------------|-----------|
| 1.  | $Ax \bullet By \bullet Cz$ | $1 \bullet 5 \bullet 5$  | 25        |
| 2.  | $Ax \bullet Cy \bullet Bz$ | $1 \bullet 8 \bullet 3$  | 24        |
| 3.  | $Bx \bullet Ay \bullet Cz$ | $8 \bullet 0 \bullet 5$  | 0         |
| 4.  | $Bx \bullet Cy \bullet Az$ | $8 \bullet 8 \bullet 0$  | 0         |
| 5.  | $Cx \bullet Ay \bullet Bz$ | $12 \bullet 0 \bullet 3$ | 0         |
| 6.  | $Cx \bullet By \bullet Az$ | $12 \bullet 5 \bullet 0$ | 0         |
| max |                            |                          | 25        |

Таким образом, с учетом дополнительных единиц товара, максимальный результат не изменился и равен 160 ед.

## Задачи для самостоятельного решения:

### Задача 17

Имеется товар со следующими размерами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Необходимо найти максимальное количество этого товара, которое можно разместить в контейнере с размерами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Исходные данные по вариантам представлены в таблице 50. Описание алгоритма приведено в примере 7.

Таблица 50

#### Исходные данные по вариантам для задачи 17

| №<br>варианта | A   | B   | C   | $x$ | $y$ | $z$ |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1             | 85  | 105 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 2             | 85  | 107 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 3             | 85  | 113 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 4             | 85  | 115 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 5             | 85  | 122 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 6             | 85  | 133 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 7             | 85  | 140 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 8             | 85  | 142 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 9             | 85  | 149 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 10            | 85  | 151 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 20            | 85  | 158 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 21            | 85  | 161 | 168 | 5   | 7   | 9   |
| 22            | 100 | 122 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 23            | 100 | 133 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 24            | 100 | 140 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 25            | 100 | 142 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 26            | 100 | 149 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 27            | 94  | 122 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 28            | 94  | 133 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 29            | 94  | 140 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 30            | 94  | 142 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 31            | 94  | 149 | 150 | 5   | 7   | 9   |
| 32            | 94  | 122 | 161 | 5   | 7   | 9   |

### Задача 18

Имеется товар со следующими параметрами  $x=3$ ,  $y=4$ ,  $z=5$ . Необходимо разместить максимальное количество этого товара в контейнере с размерами А, В, С. Исходные данные по вариантам представлены в таблице 51.

Таблица 51

#### Исходные данные по вариантам для задачи 18

| <b>N<br/>варианта</b> | <b>А</b> | <b>В</b> | <b>С</b> |
|-----------------------|----------|----------|----------|
| <b>1</b>              | 274      | 369      | 969      |
| <b>2</b>              | 289      | 384      | 984      |
| <b>3</b>              | 294      | 389      | 989      |
| <b>4</b>              | 204      | 304      | 909      |
| <b>5</b>              | 209      | 309      | 914      |
| <b>6</b>              | 224      | 324      | 929      |
| <b>7</b>              | 229      | 329      | 934      |
| <b>8</b>              | 244      | 344      | 949      |
| <b>9</b>              | 249      | 349      | 954      |
| <b>10</b>             | 264      | 364      | 969      |
| <b>11</b>             | 284      | 384      | 989      |
| <b>12</b>             | 289      | 389      | 994      |
| <b>13</b>             | 209      | 309      | 904      |
| <b>14</b>             | 214      | 314      | 909      |
| <b>15</b>             | 229      | 329      | 924      |
| <b>16</b>             | 234      | 334      | 929      |
| <b>17</b>             | 249      | 349      | 944      |
| <b>18</b>             | 254      | 354      | 949      |
| <b>19</b>             | 269      | 369      | 964      |
| <b>20</b>             | 274      | 374      | 969      |
| <b>21</b>             | 289      | 389      | 984      |
| <b>22</b>             | 294      | 394      | 989      |
| <b>23</b>             | 209      | 304      | 909      |
| <b>24</b>             | 214      | 309      | 914      |
| <b>25</b>             | 229      | 324      | 929      |
| <b>26</b>             | 234      | 329      | 934      |
| <b>27</b>             | 249      | 344      | 949      |
| <b>28</b>             | 254      | 349      | 954      |
| <b>29</b>             | 269      | 364      | 969      |
| <b>30</b>             | 274      | 369      | 974      |

### Задача 19

Имеется товар со следующими параметрами  $x=7$ ,  $y=11$ ,  $z=13$ . Необходимо разместить максимальное количество этого товара в контейнере с размерами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Исходные данные по параметрам товаров представлены по вариантам в таблице 52.

Таблица 52

**Исходные данные по вариантам для задачи 19**

| <b>№<br/>варианта</b> | <b><i>A</i></b> | <b><i>B</i></b> | <b><i>C</i></b> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>1</b>              | 93              | 146             | 172             |
| <b>2</b>              | 110             | 209             | 619             |
| <b>3</b>              | 121             | 215             | 728             |
| <b>4</b>              | 123             | 231             | 729             |
| <b>5</b>              | 124             | 234             | 730             |
| <b>6</b>              | 132             | 233             | 720             |
| <b>7</b>              | 134             | 232             | 715             |
| <b>8</b>              | 134             | 222             | 536             |
| <b>9</b>              | 121             | 234             | 538             |
| <b>10</b>             | 104             | 201             | 703             |
| <b>11</b>             | 105             | 311             | 715             |
| <b>12</b>             | 105             | 312             | 709             |
| <b>13</b>             | 105             | 324             | 708             |
| <b>14</b>             | 120             | 325             | 708             |
| <b>15</b>             | 117             | 325             | 732             |
| <b>16</b>             | 125             | 331             | 742             |
| <b>17</b>             | 149             | 227             | 630             |
| <b>18</b>             | 117             | 330             | 732             |
| <b>19</b>             | 149             | 249             | 708             |
| <b>20</b>             | 125             | 331             | 539             |
| <b>21</b>             | 133             | 263             | 704             |
| <b>22</b>             | 200             | 240             | 500             |
| <b>23</b>             | 200             | 242             | 500             |
| <b>24</b>             | 200             | 245             | 500             |
| <b>25</b>             | 209             | 247             | 501             |
| <b>26</b>             | 213             | 248             | 501             |
| <b>27</b>             | 213             | 248             | 513             |
| <b>28</b>             | 213             | 248             | 506             |
| <b>29</b>             | 209             | 247             | 506             |
| <b>30</b>             | 209             | 247             | 513             |

## Задача 20

Имеется товар со следующими параметрами  $x=11$ ,  $y=13$ ,  $z=17$ . Необходимо разместить максимальное количество этого товара в контейнере с размерами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Исходные данные по вариантам представлены в таблице 53.

Таблица 53

**Исходные данные по вариантам для задачи 20**

| <b>№<br/>варианта</b> | <b><i>A</i></b> | <b><i>B</i></b> | <b><i>C</i></b> |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>1</b>              | 234             | 302             | 500             |
| <b>2</b>              | 234             | 317             | 500             |
| <b>3</b>              | 234             | 319             | 500             |
| <b>4</b>              | 234             | 334             | 500             |
| <b>5</b>              | 234             | 338             | 500             |
| <b>6</b>              | 234             | 351             | 500             |
| <b>7</b>              | 234             | 352             | 500             |
| <b>8</b>              | 234             | 353             | 500             |
| <b>9</b>              | 234             | 368             | 500             |
| <b>10</b>             | 234             | 370             | 500             |
| <b>11</b>             | 234             | 436             | 500             |
| <b>12</b>             | 234             | 438             | 500             |
| <b>13</b>             | 234             | 455             | 500             |
| <b>14</b>             | 234             | 470             | 500             |
| <b>15</b>             | 234             | 472             | 500             |
| <b>16</b>             | 234             | 473             | 500             |
| <b>17</b>             | 234             | 487             | 500             |
| <b>18</b>             | 234             | 489             | 500             |
| <b>19</b>             | 221             | 300             | 504             |
| <b>20</b>             | 221             | 317             | 504             |
| <b>21</b>             | 221             | 319             | 504             |
| <b>22</b>             | 221             | 334             | 504             |
| <b>23</b>             | 221             | 338             | 504             |
| <b>24</b>             | 221             | 351             | 504             |
| <b>25</b>             | 221             | 352             | 504             |
| <b>26</b>             | 225             | 303             | 507             |
| <b>27</b>             | 221             | 368             | 504             |
| <b>28</b>             | 221             | 370             | 504             |
| <b>29</b>             | 234             | 385             | 500             |
| <b>30</b>             | 234             | 387             | 500             |

## Задача 21

Имеется товар с параметрами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Необходимо разместить максимальное количество этого товара в 40-футовом контейнере с размерами  $A=2330$ ,  $B=2350$ ,  $C=11988$ . Исходные данные по вариантам представлены в таблице 54.

Таблица 54

### Исходные данные по вариантам для задачи 21

| №<br>варианта | $x$ | $y$ | $z$ |
|---------------|-----|-----|-----|
| 1             | 100 | 120 | 135 |
| 2             | 100 | 120 | 143 |
| 3             | 100 | 120 | 149 |
| 4             | 100 | 120 | 152 |
| 5             | 100 | 120 | 165 |
| 6             | 100 | 120 | 174 |
| 7             | 102 | 122 | 199 |
| 8             | 100 | 122 | 147 |
| 9             | 100 | 122 | 150 |
| 10            | 100 | 122 | 159 |
| 11            | 100 | 124 | 159 |
| 12            | 102 | 122 | 159 |
| 13            | 102 | 122 | 160 |
| 14            | 102 | 122 | 167 |
| 15            | 102 | 122 | 168 |
| 16            | 102 | 122 | 170 |
| 17            | 102 | 122 | 172 |
| 18            | 102 | 122 | 183 |
| 19            | 100 | 122 | 147 |
| 20            | 100 | 122 | 150 |
| 21            | 100 | 122 | 159 |
| 22            | 100 | 124 | 159 |
| 23            | 102 | 122 | 159 |
| 24            | 102 | 122 | 160 |
| 25            | 102 | 122 | 167 |
| 26            | 102 | 122 | 168 |
| 27            | 102 | 122 | 170 |
| 28            | 102 | 122 | 172 |
| 29            | 102 | 122 | 180 |
| 30            | 102 | 122 | 181 |

### Задача 22

Имеется товар со следующими параметрами  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Необходимо разместить максимальное количество этого товара в контейнере с размерами  $A=2330$ ,  $B=2350$ ,  $C=11988$ . Исходные данные в таблице 55.

Таблица 55

#### Исходные данные по вариантам для задачи 22

| №<br>варианта | $x$ | $y$ | $z$ |
|---------------|-----|-----|-----|
| 1             | 100 | 120 | 135 |
| 2             | 100 | 120 | 143 |
| 3             | 100 | 120 | 149 |
| 4             | 100 | 120 | 152 |
| 5             | 100 | 120 | 165 |
| 6             | 100 | 120 | 174 |
| 7             | 102 | 122 | 199 |
| 8             | 100 | 122 | 147 |
| 9             | 100 | 122 | 150 |
| 10            | 100 | 122 | 159 |
| 11            | 100 | 124 | 159 |
| 12            | 102 | 122 | 159 |
| 13            | 102 | 122 | 160 |
| 14            | 102 | 122 | 167 |
| 15            | 102 | 122 | 168 |
| 16            | 102 | 122 | 170 |
| 17            | 102 | 122 | 172 |
| 18            | 102 | 122 | 183 |
| 19            | 100 | 122 | 147 |
| 20            | 100 | 122 | 150 |
| 21            | 100 | 122 | 159 |
| 22            | 100 | 124 | 159 |
| 23            | 102 | 122 | 159 |
| 24            | 102 | 122 | 160 |
| 25            | 102 | 122 | 167 |
| 26            | 102 | 122 | 168 |
| 27            | 102 | 122 | 170 |
| 28            | 102 | 122 | 172 |
| 29            | 102 | 122 | 180 |
| 30            | 102 | 122 | 181 |

## 2.2. Задачи по размещению бочек в контейнерах

### Задачи для самостоятельного решения:

#### Задача 23

Имеется товар, который необходимо разместить в бочках. Бочка имеет цилиндрическую форму, где  $r$  - радиус,  $H$  - высота бочки. Необходимо разместить максимальное количество этого товара в контейнере с размерами  $A$ ,  $B$ ,  $C$ . Исходные данные по вариантам представлены в таблице 56.

Для решения данной задачи необходимо использовать формулы:

$$V = \left\{ km + \left[ \frac{k}{2} \right] * (m_r - 2m - 1) \right\} * L, \quad (15)$$

где:

$V$  - количество бочек, размещаемое в контейнере

$$k = \left[ \frac{A - 2r}{h} + 1 \right], \text{ где } h = r\sqrt{3} - \text{расстояние между рядами бочек}; \quad (16)$$

$$m = \left[ \frac{B}{2r} \right], \quad m_r = \left[ \frac{B}{r} \right], \quad L = \left[ \frac{C}{H} \right].$$

Коэффициент использования вместимости:

$$K_{ув} = \frac{\pi r^2 * H * V}{A * B * C} * 100\% \quad (17)$$

Число неполных рядов -

$$\left[ \frac{k}{2} \right] (m_r - 2m - 1)$$



Рис.10. Число неполных рядов

|   | h |                              | r |       | H |
|---|---|------------------------------|---|-------|---|
| A | k | $\left[ \frac{k}{2} \right]$ | m | $m_r$ | L |
| B | k | $\left[ \frac{k}{2} \right]$ | m | $m_r$ | L |
| C | k | $\left[ \frac{k}{2} \right]$ | m | $m_r$ | L |

Таблица 56

Расчёт V

|    |          |
|----|----------|
| 1. | Ah Br CH |
| 2. | Ah Cr BH |
| 3. | Bh Ar CH |
| 4. | Bh Cr AH |
| 5. | Ch Br AH |
| 6. | Ch Ar BH |

| k | $\left[ \frac{k}{2} \right]$ | m | $m_r$ | L | V |
|---|------------------------------|---|-------|---|---|
| A | A                            | B | B     | C |   |
| A | A                            | C | C     | B |   |
| B | B                            | A | A     | C |   |
| B | B                            | C | C     | A |   |
| C | C                            | B | B     | A |   |
| C | C                            | A | A     | B |   |

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача 24

В качестве тары используется бочка. Размеры вагона являются постоянными для всех вариантов: A = 280 см.- высота; B = 300 см.- ширина; C = 2500 см.- длина. Размеры бочки задаются в виде параметров. Радиус бочки (r) задается в таблице 57. Высота бочки определяется по формуле  $H=2r-2$ . Определить максимальное количество бочек, размещаемое в вагоне.

**Исходные данные по вариантам для задачи 24**

| <b>№ варианта</b> | <b>r</b> | <b>№ варианта</b> | <b>r</b> |
|-------------------|----------|-------------------|----------|
| <b>1</b>          | 70       | <b>15</b>         | 81       |
| <b>2</b>          | 74       | <b>16</b>         | 85       |
| <b>3</b>          | 78       | <b>17</b>         | 58       |
| <b>4</b>          | 82       | <b>18</b>         | 61       |
| <b>5</b>          | 71       | <b>19</b>         | 64       |
| <b>6</b>          | 75       | <b>20</b>         | 67       |
| <b>7</b>          | 79       | <b>21</b>         | 59       |
| <b>8</b>          | 83       | <b>22</b>         | 62       |
| <b>9</b>          | 72       | <b>23</b>         | 65       |
| <b>10</b>         | 76       | <b>24</b>         | 68       |
| <b>11</b>         | 80       | <b>25</b>         | 60       |
| <b>12</b>         | 84       | <b>26</b>         | 63       |
| <b>13</b>         | 73       | <b>27</b>         | 66       |
| <b>14</b>         | 77       | <b>28</b>         | 69       |

**Задача 25**

В качестве тары используется бочка. Размеры вагона являются постоянными для всех вариантов:

A= 274 см.- высота;

B= 294 см.- ширина;

C=3500 см.- длина.

Размеры бочки задаются в виде параметров. Радиус- r, высота бочки  $H=2r-2$ . Радиус бочки (r) задается в таблице 58.

Определить максимальное количество бочек, размещаемое в вагоне.

**Исходные данные по вариантам для задачи 25**

| <b>вариант</b> | <b>r</b> | <b>вариант</b> | <b>R</b> |
|----------------|----------|----------------|----------|
| <b>1</b>       | 22       | <b>15</b>      | 51       |
| <b>2</b>       | 25       | <b>16</b>      | 53       |
| <b>3</b>       | 27       | <b>17</b>      | 55       |
| <b>4</b>       | 29       | <b>18</b>      | 57       |
| <b>5</b>       | 31       | <b>19</b>      | 59       |
| <b>6</b>       | 33       | <b>20</b>      | 61       |
| <b>7</b>       | 35       | <b>21</b>      | 63       |
| <b>8</b>       | 37       | <b>22</b>      | 65       |
| <b>9</b>       | 39       | <b>23</b>      | 67       |
| <b>10</b>      | 41       | <b>24</b>      | 69       |
| <b>11</b>      | 43       | <b>25</b>      | 71       |
| <b>12</b>      | 45       | <b>26</b>      | 73       |
| <b>13</b>      | 47       | <b>27</b>      | 75       |
| <b>14</b>      | 49       | <b>28</b>      | 77       |

**2.3. Задачи по комплектации грузов**

В логистических центрах одной из задач является комплектация сборных грузов по направлениям отправки. В случае небольших партий грузов это как всегда делается вручную. Но при большом объеме отправок операция по комплектации становится массовой. Есть потребность формирования документации для сборных грузов на компьютерах. Критерием эффективного комплектования грузов является коэффициент полезной загрузки. Рассмотрим пример.

**Пример 8**

Необходимо скомплектовать сборный груз из трех блоков, имеющих форму параллелепипеда. Сборный груз также должен быть параллелепипедом. Найти размеры сборного груза.

В таблице 59 даны размеры блоков.

## Исходные данные для примера

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| <b>I</b>    | 10            | 40 | 50 |
| <b>II</b>   | 15            | 20 | 40 |
| <b>III</b>  | 15            | 30 | 40 |

**Решение:**

Необходимо построить таблицу. По горизонтали расположить размеры блоков в порядке возрастания, по вертикали – номера блоков, в клетках отметить соответствующие размеры блоков.

Таблица 60

| Номер блока | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
|-------------|----|----|----|----|----|----|
| <b>I</b>    | +  |    |    |    | +  | +  |
| <b>II</b>   |    | +  | +  |    | +  |    |
| <b>III</b>  |    | +  |    | +  | +  |    |
| <b>Оси</b>  |    |    |    |    |    |    |

Найти размеры, которые совпадают у всех блоков, и проставить в строке «оси», например X. Найти размеры, получаемые суммированием. Например,  $20+30=50$ . Поставить в эти столбцы в строке «оси» - Y. Оставшиеся размеры определить на одну «ось» – Z. Результаты этих действий представлены в таблице 61.

Таблица 61

| Номер блока | 10       | 15       | 20       | 30       | 40       | 50       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>I</b>    | +        |          |          |          | +        | +        |
| <b>II</b>   |          | +        | +        |          | +        |          |
| <b>III</b>  |          | +        |          | +        | +        |          |
| <b>Оси</b>  | <b>Z</b> | <b>Z</b> | <b>Y</b> | <b>Y</b> | <b>X</b> | <b>Y</b> |

Таким образом, размеры сборного груза следующие:

$$X = 40;$$

$$Y = 20 + 30 = 50;$$

$$Z = 10 + 15 = 25.$$

Можно проверить ответ. Объем сборного груза должен быть равен сумме объемов блоков:

$$10 \cdot 40 \cdot 50 + 15 \cdot 20 \cdot 40 + 15 \cdot 30 \cdot 40 = 25 \cdot 40 \cdot 50 = 50000.$$

Второй вариант проверки – графическое изображение сборного груза включающего блоки.

### Задачи для самостоятельного решения:

#### Задача 26

Необходимо скомплектовать сборный груз из четырех блоков. Найти габариты сборного груза.

Исходные данные по вариантам даны в таблицах 62-72:

Таблица 62

#### Вариант 1

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| I           | 12            | 15 | 40 |
| II          | 15            | 10 | 40 |
| III         | 17            | 22 | 25 |
| IV          | 22            | 23 | 22 |

Таблица 63

#### Вариант 2

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| I           | 17            | 14 | 44 |
| II          | 19            | 27 | 26 |
| III         | 17            | 12 | 44 |
| IV          | 25            | 26 | 27 |

Таблица 64

**Вариант 3**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 11                   | 42 | 16 |
| <b>II</b>          | 16                   | 13 | 42 |
| <b>III</b>         | 26                   | 18 | 24 |
| <b>IV</b>          | 26                   | 24 | 24 |

Таблица 65

**Вариант 4**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 18                   | 46 | 15 |
| <b>II</b>          | 46                   | 13 | 18 |
| <b>III</b>         | 28                   | 20 | 28 |
| <b>IV</b>          | 28                   | 28 | 26 |

Таблица 66

**Вариант 5**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 20                   | 50 | 17 |
| <b>II</b>          | 20                   | 50 | 15 |
| <b>III</b>         | 22                   | 32 | 30 |
| <b>IV</b>          | 28                   | 30 | 32 |

Таблица 67

**Вариант 6**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 19                   | 16 | 48 |
| <b>II</b>          | 48                   | 14 | 19 |
| <b>III</b>         | 30                   | 29 | 21 |
| <b>IV</b>          | 30                   | 29 | 27 |

Таблица 68

**Вариант 7**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 54                   | 22 | 19 |
| <b>II</b>          | 22                   | 17 | 54 |
| <b>III</b>         | 24                   | 32 | 36 |
| <b>IV</b>          | 32                   | 30 | 36 |

Таблица 69

**Вариант 8**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 21                   | 18 | 52 |
| <b>II</b>          | 21                   | 16 | 52 |
| <b>III</b>         | 34                   | 31 | 23 |
| <b>IV</b>          | 31                   | 29 | 34 |

Таблица 70

**Вариант 9**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 23                   | 20 | 56 |
| <b>II</b>          | 56                   | 18 | 23 |
| <b>III</b>         | 25                   | 33 | 38 |
| <b>IV</b>          | 38                   | 33 | 31 |

Таблица 71

**Вариант 10**

| <b>Номер блока</b> | <b>Размеры блока</b> |    |    |
|--------------------|----------------------|----|----|
| <b>I</b>           | 25                   | 22 | 60 |
| <b>II</b>          | 60                   | 25 | 20 |
| <b>III</b>         | 42                   | 35 | 27 |
| <b>IV</b>          | 35                   | 42 | 33 |

## Вариант 11

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| I           | 24            | 21 | 58 |
| II          | 58            | 24 | 19 |
| III         | 34            | 26 | 40 |
| IV          | 40            | 34 | 32 |

Рассмотрим еще один вариант алгоритма для решения задачи комплектации.

## Пример 9

Необходимо скомплектовать сборный груз из нескольких блоков. Найти габариты сборного груза. Исходные данные даны в таблице 73:

Таблица 73

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| I           | 27            | 17 | 32 |
| II          | 27            | 13 | 18 |
| III         | 7             | 13 | 14 |
| IV          | 20            | 13 | 14 |

**Решение:**

Выделим два блока, у которых совпадают два размера. Это III и IV блоки. Совпадают размеры 13 и 14. Эти блоки можно «свернуть» в общий блок, если суммировать отличающиеся размеры, 7 и 20.

$$7 + 20 = 27$$

Общий блок будет иметь размеры: 27, 13, 14.

В обновленной конфигурации блоков можно выделить блоки с размерами:

27, 13, 18;

27, 13, 14 .

Два размера совпадают – 27 и 13. Суммируем отличающиеся размеры, 18 и 14.

$$18 + 14 = 32$$

Новый блок будет иметь размеры: 27, 13, 32.

Теперь остались два блока:

27, 17, 32;

27, 13, 32

При совпадении двух размеров суммируем отличающиеся размеры 17 и 13:

$$17 + 13 = 30.$$

Остается общий блок с размерами 27, 30, 32. Это и есть сборный груз.

**Ответ:** габариты сборного груза равны – 27, 30, 32.

### Пример 10

Необходимо скомплектовать сборный груз из нескольких блоков. Найти размеры сборного груза и коэффициент пустого пространства ( $k_{rr}$ ). Исходные данные даны в таблице 74 :

Таблица 74

| Номер блока | Размеры блока |    |    |
|-------------|---------------|----|----|
| I           | 27            | 17 | 32 |
| II          | 27            | 13 | 18 |
| III         | 7             | 13 | 14 |
| IV          | 20            | 12 | 14 |

#### Решение:

По сравнению с предыдущим примером в этой задаче есть некоторые затруднения. В III и IV блоке второй размеры отличаются незначительно, на единицу. А третий размер совпадает и равен 14. Чтобы сделать «свертку» III и IV блоков необходимо добавить небольшое пустое пространство, имеющее тоже форму параллелепипеда.

Этот «пустой блок» должен иметь размеры 20, 1, 14. Тогда пустое пространство можно присоединить к IV блоку с размерами 20, 12, 14. Результатом этой свертки будет новый блок, имеющий размеры 20, 13, 14. Обратите внимание, что его размеры будут совпадать с IV блоком предыдущего примера. Следовательно, дальше задача будет решаться аналогично.

Выделим два блока, у которых совпадают два размера. Это III блок и IV блок вместе с пустым блоком. Теперь совпадают размеры 13 и 14. Эти блоки можно «свернуть» в общий блок, если суммировать отличающиеся размеры, 7 и 20.

$$7 + 20 = 27$$

Общий блок будет иметь размеры: 27, 13, 14.

В обновленной конфигурации блоков можно выделить блоки с размерами:

27, 13, 18;

27, 13, 14 .

Два размера совпадают – 27 и 13. Суммируем отличающиеся размеры, 18 и 14.

$$18 + 14 = 32$$

Новый блок будет иметь размеры: 27, 13, 32.

Теперь остались два блока:

$$27, 17, 32;$$

$$27, 13, 32$$

При совпадении двух размеров суммируем отличающиеся размеры 17 и 13:

$$17 + 13 = 30.$$

Остается общий блок с размерами 27, 30, 32. Это и есть сборный груз.

Габариты сборного груза равны – 27, 30, 32. Объем сборного груза ( $V_{\tilde{n}a}$ ) будет равен произведению трех размеров - 25920. Объем пустого пространства ( $V_{\tilde{r}r}$ ) - произведению трех размеров «пустого блока» - 280.

Коэффициент пустого пространства ( $k_{\tilde{r}r}$ ) находится по формуле:

$$k_{\tilde{r}r} = (V_{\tilde{r}r} / V_{\tilde{n}a}) \cdot 100 \quad (18)$$

**Ответ:** размеры сборного груза – 27, 30, 32.  $k_{\tilde{r}r} = 1,08 \%$ .

### Задача 27

Необходимо скомплектовать сборный груз из нескольких блоков. Найти размеры сборного груза и коэффициент пустого пространства ( $k_{\tilde{r}r}$ ) по формуле

$$k_{\tilde{r}r} = (V_{\tilde{r}r} / V_{\tilde{n}a}) \cdot 100$$

где  $V_{\tilde{r}r}$  - объем пустого пространства,

$V_{\tilde{n}a}$  - объем сборного груза.

Исходные данные по размерам блоков даны ниже в таблице 75 по вариантам.

**Исходные данные задачи 27**

| Вар. | Блок I |     |     | Блок II |     |     | Блок III |     |     | Блок IV |     |     |
|------|--------|-----|-----|---------|-----|-----|----------|-----|-----|---------|-----|-----|
|      | A      | B   | C   | A       | B   | C   | A        | B   | C   | A       | B   | C   |
| 1    | 20     | 50  | 27  | 26      | 51  | 28  | 16       | 52  | 31  | 31      | 53  | 32  |
| 2    | 22     | 65  | 58  | 28      | 67  | 60  | 15       | 68  | 78  | 37      | 69  | 80  |
| 3    | 25     | 62  | 34  | 32      | 63  | 35  | 20       | 64  | 39  | 38      | 65  | 40  |
| 4    | 29     | 72  | 39  | 37      | 72  | 39  | 23       | 73  | 43  | 43      | 74  | 43  |
| 5    | 34     | 85  | 46  | 44      | 86  | 47  | 27       | 87  | 52  | 52      | 88  | 53  |
| 6    | 26     | 71  | 39  | 39      | 73  | 41  | 20       | 74  | 45  | 47      | 75  | 47  |
| 7    | 33     | 82  | 45  | 42      | 83  | 46  | 26       | 84  | 51  | 50      | 85  | 52  |
| 8    | 41     | 103 | 56  | 53      | 103 | 56  | 32       | 104 | 62  | 62      | 105 | 62  |
| 9    | 50     | 126 | 69  | 65      | 127 | 70  | 40       | 128 | 77  | 76      | 129 | 78  |
| 10   | 60     | 151 | 83  | 78      | 153 | 85  | 48       | 154 | 94  | 92      | 155 | 96  |
| 11   | 32     | 80  | 44  | 41      | 81  | 45  | 25       | 82  | 50  | 49      | 83  | 51  |
| 12   | 44     | 111 | 61  | 57      | 111 | 61  | 35       | 112 | 68  | 66      | 113 | 68  |
| 13   | 57     | 144 | 79  | 74      | 145 | 80  | 45       | 146 | 88  | 87      | 147 | 89  |
| 14   | 71     | 179 | 98  | 92      | 181 | 100 | 56       | 182 | 110 | 109     | 183 | 112 |
| 15   | 86     | 216 | 118 | 111     | 217 | 119 | 68       | 218 | 131 | 130     | 219 | 132 |
| 16   | 38     | 95  | 52  | 49      | 95  | 52  | 30       | 96  | 58  | 57      | 97  | 58  |
| 17   | 55     | 138 | 75  | 71      | 139 | 76  | 44       | 140 | 84  | 83      | 141 | 85  |
| 18   | 73     | 183 | 100 | 94      | 185 | 102 | 58       | 186 | 113 | 111     | 187 | 115 |
| 19   | 92     | 232 | 127 | 119     | 233 | 128 | 73       | 234 | 141 | 139     | 235 | 142 |
| 20   | 112    | 282 | 155 | 145     | 282 | 155 | 89       | 283 | 171 | 168     | 284 | 171 |
| 21   | 44     | 111 | 61  | 57      | 112 | 62  | 35       | 113 | 69  | 67      | 114 | 70  |
| 22   | 66     | 166 | 91  | 85      | 168 | 93  | 52       | 169 | 103 | 101     | 170 | 105 |
| 23   | 89     | 224 | 123 | 115     | 225 | 124 | 71       | 226 | 137 | 134     | 227 | 138 |
| 24   | 113    | 284 | 156 | 146     | 284 | 156 | 90       | 285 | 172 | 169     | 286 | 172 |
| 25   | 138    | 348 | 191 | 179     | 349 | 192 | 110      | 350 | 212 | 208     | 351 | 213 |
| 26   | 50     | 126 | 69  | 65      | 128 | 71  | 40       | 129 | 78  | 77      | 130 | 80  |
| 27   | 77     | 194 | 106 | 100     | 195 | 107 | 61       | 196 | 118 | 117     | 197 | 119 |
| 28   | 105    | 265 | 145 | 136     | 265 | 145 | 84       | 266 | 160 | 157     | 267 | 160 |
| 29   | 134    | 338 | 185 | 174     | 339 | 186 | 107      | 340 | 205 | 202     | 341 | 206 |
| 30   | 164    | 414 | 227 | 213     | 416 | 229 | 131      | 417 | 252 | 248     | 418 | 254 |

## Задача 28

Необходимо скомплектовать сборный груз из нескольких блоков. Найти размеры сборного груза и коэффициент пустого пространства ( $k_{\text{т}}$ ).

Исходные данные по размерам блоков даны ниже в таблице 76.

Таблица 76

### Исходные данные задачи 28

| Вар. | Блок I |     |     | Блок II |     |     | Блок III |     |     | Блок IV |     |     |
|------|--------|-----|-----|---------|-----|-----|----------|-----|-----|---------|-----|-----|
|      | A      | B   | C   | A       | B   | C   | A        | B   | C   | A       | B   | C   |
| 1    | 21     | 56  | 28  | 28      | 57  | 29  | 17       | 58  | 34  | 33      | 59  | 35  |
| 2    | 23     | 67  | 60  | 29      | 69  | 62  | 13       | 70  | 81  | 41      | 71  | 83  |
| 3    | 26     | 64  | 35  | 33      | 65  | 36  | 20       | 66  | 40  | 40      | 67  | 41  |
| 4    | 30     | 75  | 36  | 39      | 75  | 36  | 24       | 76  | 40  | 45      | 77  | 40  |
| 5    | 35     | 88  | 48  | 45      | 89  | 49  | 26       | 90  | 54  | 55      | 91  | 55  |
| 6    | 27     | 73  | 40  | 40      | 75  | 42  | 21       | 76  | 47  | 48      | 77  | 49  |
| 7    | 34     | 89  | 51  | 44      | 90  | 52  | 27       | 91  | 60  | 52      | 92  | 61  |
| 8    | 42     | 107 | 58  | 56      | 107 | 58  | 33       | 108 | 64  | 65      | 109 | 64  |
| 9    | 51     | 128 | 77  | 66      | 129 | 78  | 40       | 130 | 86  | 78      | 131 | 87  |
| 10   | 61     | 157 | 86  | 82      | 159 | 88  | 51       | 160 | 97  | 94      | 161 | 99  |
| 11   | 33     | 84  | 46  | 44      | 85  | 47  | 26       | 86  | 52  | 52      | 87  | 53  |
| 12   | 45     | 118 | 67  | 58      | 118 | 67  | 38       | 119 | 78  | 65      | 120 | 78  |
| 13   | 58     | 146 | 88  | 75      | 147 | 89  | 46       | 148 | 98  | 88      | 149 | 99  |
| 14   | 72     | 189 | 103 | 100     | 191 | 105 | 57       | 192 | 116 | 117     | 193 | 118 |
| 15   | 87     | 230 | 132 | 113     | 231 | 133 | 69       | 232 | 153 | 132     | 233 | 154 |
| 16   | 39     | 97  | 63  | 50      | 97  | 63  | 31       | 98  | 70  | 58      | 99  | 70  |
| 17   | 56     | 150 | 82  | 81      | 151 | 83  | 44       | 152 | 92  | 94      | 153 | 93  |
| 18   | 74     | 190 | 104 | 99      | 192 | 106 | 55       | 193 | 117 | 120     | 194 | 119 |
| 19   | 93     | 234 | 128 | 120     | 235 | 129 | 79       | 236 | 142 | 135     | 237 | 143 |
| 20   | 113    | 304 | 174 | 152     | 304 | 174 | 90       | 305 | 201 | 175     | 306 | 201 |
| 21   | 45     | 116 | 63  | 61      | 117 | 64  | 36       | 118 | 71  | 71      | 119 | 72  |
| 22   | 67     | 169 | 92  | 87      | 171 | 94  | 60       | 172 | 104 | 96      | 173 | 106 |
| 23   | 90     | 227 | 144 | 117     | 228 | 145 | 72       | 229 | 160 | 136     | 230 | 161 |
| 24   | 114    | 286 | 160 | 142     | 286 | 160 | 91       | 287 | 180 | 165     | 288 | 180 |
| 25   | 139    | 360 | 198 | 189     | 361 | 199 | 111      | 362 | 219 | 218     | 363 | 220 |
| 26   | 51     | 134 | 73  | 71      | 136 | 75  | 40       | 137 | 83  | 84      | 138 | 85  |
| 27   | 78     | 205 | 112 | 109     | 206 | 113 | 62       | 207 | 125 | 126     | 208 | 126 |
| 28   | 106    | 278 | 152 | 147     | 278 | 152 | 84       | 279 | 168 | 169     | 280 | 168 |
| 29   | 135    | 363 | 199 | 195     | 364 | 200 | 108      | 365 | 220 | 223     | 366 | 221 |
| 30   | 165    | 416 | 251 | 214     | 418 | 253 | 132      | 419 | 279 | 249     | 420 | 281 |

## Задача 29

Необходимо скомплектовать сборный груз из нескольких блоков. Найти размеры сборного груза и коэффициент пустого пространства ( $k_{\text{т}}$ ).

Исходные данные по размерам блоков даны ниже в таблице 77.

Таблица 77

### Исходные данные задачи 29

| №<br>вар. | Блок I |     |     | Блок II |     |     | Блок III |     |     | Блок IV |     |     |
|-----------|--------|-----|-----|---------|-----|-----|----------|-----|-----|---------|-----|-----|
|           | A      | B   | C   | A       | B   | C   | A        | B   | C   | A       | B   | C   |
| 1         | 20     | 48  | 35  | 26      | 49  | 36  | 16       | 50  | 38  | 31      | 51  | 39  |
| 2         | 22     | 52  | 37  | 28      | 53  | 38  | 15       | 54  | 40  | 36      | 55  | 41  |
| 3         | 25     | 59  | 42  | 32      | 60  | 43  | 17       | 61  | 46  | 41      | 62  | 47  |
| 4         | 29     | 69  | 50  | 37      | 69  | 50  | 23       | 70  | 53  | 43      | 71  | 53  |
| 5         | 34     | 81  | 59  | 44      | 82  | 60  | 27       | 83  | 63  | 52      | 84  | 64  |
| 6         | 26     | 68  | 49  | 39      | 70  | 51  | 20       | 71  | 54  | 47      | 72  | 56  |
| 7         | 33     | 78  | 56  | 42      | 79  | 57  | 26       | 80  | 60  | 50      | 81  | 61  |
| 8         | 41     | 98  | 71  | 53      | 98  | 71  | 32       | 99  | 75  | 62      | 100 | 75  |
| 9         | 50     | 120 | 88  | 65      | 121 | 89  | 40       | 122 | 94  | 76      | 123 | 95  |
| 10        | 60     | 144 | 105 | 78      | 146 | 107 | 48       | 147 | 113 | 92      | 148 | 115 |
| 11        | 32     | 76  | 55  | 41      | 77  | 56  | 25       | 78  | 59  | 49      | 79  | 60  |
| 12        | 44     | 106 | 77  | 57      | 106 | 77  | 35       | 107 | 81  | 66      | 108 | 81  |
| 13        | 57     | 137 | 100 | 74      | 138 | 101 | 45       | 139 | 107 | 87      | 140 | 108 |
| 14        | 71     | 171 | 125 | 92      | 173 | 127 | 56       | 174 | 134 | 109     | 175 | 136 |
| 15        | 86     | 206 | 151 | 111     | 207 | 152 | 68       | 208 | 160 | 130     | 209 | 161 |
| 16        | 38     | 91  | 66  | 49      | 91  | 66  | 30       | 92  | 70  | 57      | 93  | 70  |
| 17        | 55     | 132 | 96  | 71      | 133 | 97  | 44       | 134 | 102 | 83      | 135 | 103 |
| 18        | 73     | 175 | 128 | 94      | 177 | 130 | 58       | 178 | 137 | 111     | 179 | 139 |
| 19        | 92     | 221 | 162 | 119     | 222 | 163 | 73       | 223 | 172 | 139     | 224 | 173 |
| 20        | 112    | 269 | 197 | 145     | 269 | 197 | 89       | 270 | 207 | 168     | 271 | 207 |
| 21        | 44     | 106 | 77  | 57      | 107 | 78  | 35       | 108 | 82  | 67      | 109 | 83  |
| 22        | 66     | 158 | 115 | 85      | 160 | 117 | 52       | 161 | 123 | 101     | 162 | 125 |
| 23        | 89     | 214 | 156 | 115     | 215 | 157 | 71       | 216 | 165 | 134     | 217 | 166 |
| 24        | 113    | 271 | 198 | 146     | 271 | 198 | 90       | 272 | 208 | 169     | 273 | 208 |
| 25        | 138    | 332 | 243 | 179     | 333 | 244 | 110      | 334 | 257 | 208     | 335 | 258 |
| 26        | 50     | 120 | 88  | 65      | 122 | 90  | 40       | 123 | 95  | 77      | 124 | 97  |
| 27        | 77     | 185 | 135 | 100     | 186 | 136 | 61       | 187 | 143 | 117     | 188 | 144 |
| 28        | 105    | 253 | 185 | 136     | 253 | 185 | 84       | 254 | 195 | 157     | 255 | 195 |
| 29        | 134    | 323 | 237 | 174     | 324 | 238 | 107      | 325 | 250 | 202     | 326 | 251 |
| 30        | 164    | 395 | 289 | 213     | 397 | 291 | 131      | 398 | 306 | 248     | 399 | 308 |

## 2.4. Задачи по определению пропускной способности

При определении пропускной способности сети учитывать принципы последовательных и параллельных участков сети. Принцип последовательных участков означает нахождение минимального значения из всех пропускных способностей участков, находящихся в одной последовательной цепочке. Принцип параллельных участков – пропускные способности параллельных участков необходимо суммировать.

Последовательно, просматривая все возможные пути от одного рубежа к другому, требуется находить минимальную пропускную способность по каждому пути. Затем вычитать этот минимум по всему пути следования из значений пропускной способности каждого участка. В итоге наступает ситуация, когда движение по любому пути невозможно, так как везде путь наталкивается на нулевую пропускную способность. Для получения результата необходимо суммировать минимальные значения пропускной способности по каждому пути. Это и будет пропускная способность логистической сети.

### Задачи для самостоятельного решения:

#### Задача 30

Дана пропускная способность участков A1B1, A2B1, A2B2, A3B2, A3B3, A4B3, B1C1, B1C2, B2C2, B3C3, B3C4. В таблице 78 даются пропускные способности по каждому участку сети. На схеме (рис. 11) дана матрица потоков логистической сети. Найти пропускную способность логистической системы от рубежа A1,A2,A3,A4 до рубежа C1,C2,C3,C4.

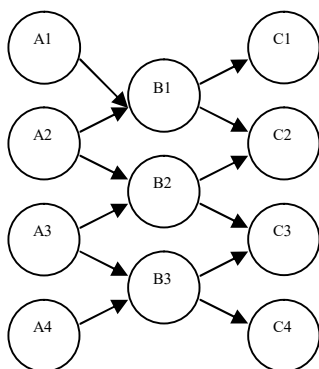


Рис. 11. Матрица потоков логистической сети

Исходные данные по вариантам для задачи 30

| Вар. | A1<br>B1 | A2<br>B1 | A2<br>B2 | A3<br>B2 | A3<br>B3 | A4<br>B3 | B1<br>C1 | B1<br>C2 | B2<br>C2 | B2<br>C3 | B3<br>C3 | B3<br>C4 |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1    | 3        | 7        | 13       | 15       | 19       | 23       | 4        | 6        | 14       | 14       | 20       | 22       |
| 2    | 11       | 7        | 13       | 15       | 19       | 23       | 8        | 10       | 14       | 14       | 20       | 22       |
| 3    | 8        | 4        | 23       | 15       | 19       | 21       | 5        | 7        | 24       | 14       | 18       | 22       |
| 4    | 8        | 10       | 16       | 15       | 19       | 17       | 5        | 13       | 17       | 14       | 18       | 18       |
| 5    | 7        | 10       | 9        | 15       | 19       | 17       | 5        | 12       | 10       | 14       | 18       | 18       |
| 6    | 7        | 8        | 13       | 15       | 10       | 17       | 5        | 10       | 14       | 14       | 18       | 9        |
| 7    | 5        | 8        | 13       | 16       | 10       | 18       | 5        | 8        | 14       | 15       | 18       | 10       |
| 8    | 12       | 6        | 13       | 18       | 28       | 19       | 10       | 8        | 14       | 17       | 18       | 29       |
| 9    | 7        | 6        | 13       | 18       | 21       | 19       | 5        | 8        | 14       | 17       | 18       | 22       |
| 10   | 7        | 12       | 13       | 18       | 21       | 12       | 11       | 8        | 14       | 17       | 18       | 15       |
| 11   | 7        | 23       | 12       | 18       | 21       | 10       | 22       | 8        | 14       | 16       | 16       | 15       |
| 12   | 11       | 24       | 10       | 22       | 21       | 10       | 25       | 10       | 12       | 20       | 16       | 15       |
| 13   | 11       | 35       | 10       | 13       | 20       | 10       | 13       | 33       | 12       | 11       | 16       | 14       |
| 14   | 22       | 16       | 10       | 16       | 19       | 12       | 23       | 15       | 14       | 12       | 16       | 15       |
| 15   | 12       | 63       | 10       | 84       | 19       | 11       | 13       | 82       | 82       | 12       | 15       | 15       |
| 16   | 18       | 65       | 11       | 29       | 24       | 15       | 19       | 64       | 26       | 14       | 20       | 19       |
| 17   | 30       | 65       | 31       | 29       | 23       | 17       | 21       | 74       | 36       | 24       | 20       | 20       |
| 18   | 30       | 73       | 31       | 28       | 24       | 27       | 29       | 74       | 35       | 24       | 20       | 31       |
| 19   | 26       | 41       | 31       | 52       | 25       | 31       | 28       | 39       | 39       | 44       | 24       | 32       |
| 20   | 31       | 41       | 47       | 54       | 24       | 36       | 28       | 44       | 55       | 46       | 26       | 34       |
| 21   | 29       | 41       | 48       | 48       | 36       | 38       | 28       | 42       | 49       | 47       | 37       | 37       |
| 22   | 38       | 41       | 48       | 57       | 36       | 41       | 37       | 42       | 65       | 48       | 48       | 40       |
| 23   | 50       | 58       | 55       | 58       | 36       | 52       | 66       | 42       | 65       | 48       | 48       | 40       |
| 24   | 50       | 38       | 24       | 32       | 36       | 34       | 66       | 22       | 34       | 22       | 48       | 22       |
| 25   | 30       | 38       | 24       | 32       | 28       | 47       | 46       | 22       | 34       | 22       | 47       | 28       |
| 26   | 30       | 18       | 40       | 32       | 40       | 51       | 26       | 22       | 50       | 22       | 59       | 32       |
| 27   | 42       | 18       | 40       | 73       | 40       | 34       | 38       | 22       | 42       | 71       | 42       | 32       |
| 28   | 40       | 27       | 42       | 75       | 42       | 36       | 36       | 31       | 44       | 73       | 44       | 34       |
| 29   | 49       | 27       | 49       | 51       | 42       | 51       | 36       | 40       | 51       | 49       | 59       | 44       |
| 30   | 52       | 28       | 47       | 49       | 42       | 64       | 38       | 42       | 49       | 47       | 57       | 49       |
| 31   | 55       | 31       | 47       | 49       | 61       | 71       | 38       | 48       | 49       | 47       | 56       | 76       |
| 32   | 75       | 41       | 63       | 50       | 44       | 70       | 58       | 58       | 50       | 63       | 55       | 59       |

## 2.5. Задачи по грузовым перевозкам

Для решения задач по транспортной логистике используется формула расчета объема перевозок:

$$Q = \frac{A_c D_k T_n \alpha \beta \gamma q_c V_c}{l_e + t_{n/p} b V_c}, \quad (19)$$

Где:

- Q – объем перевозок, в тоннах;
- $A_c$  – среднесписочное количество подвижных единиц;
- $D_k$  – календарное число дней в году;
- $T_n$  – время работы подвижной единицы за сутки, в часах;
- $\alpha$  – коэффициент выпуска на линию;
- $\beta$  – коэффициент использования пробега;
- $\gamma$  – коэффициент использования грузоподъемности;
- $q_c$  – средняя грузоподъемность подвижной единицы, в тоннах;
- $V_c$  – средняя скорость, в км/час;
- $l_e$  – средняя длина ездки с грузом, в км;
- $t_{n/p}$  – время погрузки/разгрузки за одну ездку, в часах;

### Задача 31

На предприятии имеется 29 грузовых автомобилей. В связи с вводом в действие нового моста средняя длина ездки с грузом уменьшилась вдвое и стала равна 2.5 км. Объем перевозок остался прежним и равен 197166 т. Средняя скорость осталась неизменной.

Даны следующие показатели:

$$\alpha = 0,625;$$

$$\beta = 0,567;$$

$$\gamma = 0,986;$$

$$q = 2 \text{ тонны};$$

$$T_n = 10,2 \text{ часа};$$

$$t_{n/p} = 0,256 \text{ часа}.$$

Требуется рассчитать необходимое количество автомобилей.

### Рекомендации по решению задачи

Для решения этой задачи используется формула расчета объема перевозок (19).

## Задачи для самостоятельного решения

### Задача 32

В связи с вводом в действие нового моста средняя длина ездки с грузом уменьшилась. Ранее средняя длина ездки с грузом была равна пяти километрам. Объем перевозок и средняя скорость остались прежними.

Данные по объему перевозок, новой длине ездки с грузом и имеющееся число автомобилей даются в таблице 79.

Общие дополнительные показатели:

$$\alpha = 0,625;$$

$$\beta = 0,567;$$

$$\gamma = 0,986;$$

$$q = 2 \text{ тонны};$$

$$T_n = 10,2 \text{ часа};$$

$$t_{п/р} = 0,256 \text{ часа}.$$

Требуется рассчитать необходимое количество автомобилей.

**Исходные данные по вариантам для задачи 32**

| <b>Номер<br/>варианта</b> | <b>Число<br/>автомобилей</b> | <b>Новая длина<br/>ездки</b> | <b>Объём<br/>перевозок</b> |
|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| <b>1</b>                  | 29                           | 2.5                          | 197166                     |
| <b>2</b>                  | 29                           | 2.3                          | 287451                     |
| <b>3</b>                  | 29                           | 2.0                          | 191192                     |
| <b>4</b>                  | 29                           | 1.5                          | 186924                     |
| <b>5</b>                  | 29                           | 2.4                          | 175106                     |
| <b>6</b>                  | 29                           | 3.5                          | 280813                     |
| <b>7</b>                  | 32                           | 2.4                          | 194409                     |
| <b>8</b>                  | 32                           | 2.1                          | 233633                     |
| <b>9</b>                  | 32                           | 2.0                          | 185217                     |
| <b>10</b>                 | 32                           | 2.5                          | 215091                     |
| <b>11</b>                 | 32                           | 1.6                          | 283624                     |
| <b>12</b>                 | 32                           | 2.2                          | 157477                     |
| <b>13</b>                 | 32                           | 3.3                          | 204547                     |
| <b>14</b>                 | 32                           | 3.8                          | 274838                     |
| <b>15</b>                 | 32                           | 3.9                          | 329154                     |
| <b>16</b>                 | 32                           | 3.1                          | 337730                     |
| <b>17</b>                 | 33                           | 2.0                          | 233015                     |
| <b>18</b>                 | 33                           | 2.5                          | 197166                     |
| <b>19</b>                 | 33                           | 2.4                          | 246803                     |
| <b>20</b>                 | 33                           | 3.6                          | 271424                     |
| <b>21</b>                 | 33                           | 1.2                          | 214147                     |
| <b>22</b>                 | 33                           | 3.4                          | 255420                     |
| <b>23</b>                 | 33                           | 3.0                          | 233015                     |
| <b>24</b>                 | 33                           | 2.8                          | 306341                     |
| <b>25</b>                 | 36                           | 1.8                          | 309193                     |
| <b>26</b>                 | 36                           | 3.1                          | 267920                     |
| <b>27</b>                 | 36                           | 1.0                          | 219572                     |
| <b>28</b>                 | 36                           | 1.4                          | 222061                     |
| <b>29</b>                 | 36                           | 1.9                          | 240531                     |
| <b>30</b>                 | 36                           | 2.9                          | 303858                     |
| <b>31</b>                 | 36                           | 3.3                          | 328962                     |
| <b>32</b>                 | 36                           | 3.9                          | 237903                     |

### Задача 33

На предприятии организуется производство телевизоров. Объем месячного выпуска - 41379 телевизоров. Вес комплектующих деталей так же, как и вес телевизора равен 20 кг. Предусматривается установка двух лифтов. Лифты предназначены для подъема комплектующих и спуска готовых телевизоров. Высота лифтовой шахты - 15 м. Есть два варианта лифтового оборудования:

Первый- скорость лифта - 0.8 м/с, грузоподъемность - 370 кг, время простоя под погрузкой/разгрузкой – 3 минуты;

Второй- скорость - 2.0 м/с, грузоподъемность - 112 кг, время простоя под погрузкой/разгрузкой – 4 минуты.

Выбрать приемлемый вариант лифта с учетом режима работы ( $T_n$ ), если принять число рабочих дней - 250, коэффициент использования пробега принять равным 0.500, вес лифтера - 70 кг.

#### **Рекомендации по решению задачи:**

Лифт – это тоже транспортное средство. Отличительная его особенность - он движется вертикально. Необходимо воспользоваться формулой по расчету объемов перевозок (18) и перевести показатели в единую систему мер.

### **Задачи для самостоятельного решения**

### Задача 34

Общие условия задачи совпадают с предыдущей задачей. Выбрать приемлемый вариант лифта с учетом режима работы. Данные по скорости и грузоподъемности лифтов взять из таблицы 80, приведенной ниже.

Исходные данные для задачи 34

| Номер<br>варианта | Объем<br>выпуска<br>за месяц | Скорость<br>лифта<br>(м/с) | Время<br>погрузки/<br>разгрузки<br>(мин) | Грузоподъ<br>емность<br>лифта (кг) |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| 1                 | 11764                        | 1                          | 3                                        | 370                                |
|                   |                              | 2                          | 4                                        | 170                                |
| 2                 | 56000                        | 0.5                        | 4                                        | 470                                |
|                   |                              | 2                          | 6                                        | 770                                |
| 3                 | 17500                        | 0.5                        | 3                                        | 210                                |
|                   |                              | 2                          | 5                                        | 500                                |
| 4                 | 40000                        | 0.8                        | 2                                        | 280                                |
|                   |                              | 1.5                        | 4                                        | 140                                |
| 5                 | 27000                        | 0.5                        | 4                                        | 340                                |
|                   |                              | 2                          | 4                                        | 420                                |
| 6                 | 11537                        | 1                          | 3                                        | 370                                |
|                   |                              | 1.5                        | 4                                        | 170                                |
| 7                 | 8750                         | 0.5                        | 3                                        | 140                                |
|                   |                              | 0.5                        | 6                                        | 350                                |
| 8                 | 20000                        | 1                          | 3                                        | 210                                |
|                   |                              | 2                          | 4                                        | 140                                |
| 9                 | 40952                        | 0,5                        | 3                                        | 210                                |
|                   |                              | 2                          | 5                                        | 500                                |

## 2.6. Задачи по оборачиваемости склада

Для решения задачи по складской логистике используется формула оборачиваемости:

$$K_{\text{об}} = \frac{Q_{\text{отп}} \cdot n}{q_1/2 + q_2 + q_3 + \dots + q_n + q_{n+1}/2} \quad (20)$$

Где:

$Q_{\text{отп}}$  — отпуск со склада за всю совокупность периодов;

$q_i$  — остаток на складе за  $i$ -тый период, где  $i$  от 1 до  $n$ ;

$n$  — число периодов;

## Задачи для самостоятельного решения

### Задача 35

Остатки на складе за год с разбивкой по месяцам с датами с 1.01.2010 г. по 31.12.2010 г. приведены ниже в таблице 81. Отпуск со склада за I и II полугодия указан в конце таблицы 82. Требуется определить, улучшилась или ухудшилась оборачиваемость материалов за второе полугодие.

Таблица 81

Исходные данные для задачи 35

| Дата        | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.01.2010г  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1.02. 2010г | 120 | 110 | 110 | 120 | 120 | 110 |
| 1.03. 2010г | 130 | 150 | 140 | 120 | 120 | 150 |
| 1.04. 2010г | 140 | 120 | 120 | 140 | 140 | 130 |
| 1.05. 2010г | 120 | 110 | 110 | 120 | 130 | 100 |
| 1.06. 2010г | 90  | 70  | 80  | 100 | 90  | 70  |
| 1.07. 2010г | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  | 60  |
| 1.08. 2010г | 70  | 90  | 100 | 80  | 70  | 90  |
| 1.09. 2010г | 110 | 120 | 120 | 110 | 110 | 130 |
| 1.10. 2010г | 120 | 140 | 140 | 120 | 140 | 130 |
| 1.11. 2010г | 150 | 130 | 120 | 140 | 130 | 130 |
| 1.12. 2010г | 110 | 120 | 120 | 110 | 110 | 120 |
| 31.12.2010г | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Таблица 82

Исходные данные отпуска со склада

|                     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| за I -ое полугодие  | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| за II -ое полугодие | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |

### 3. Задачи по определению характеристик системы массового обслуживания

#### Элементы системы массового обслуживания

Часто приходится сталкиваться с ситуациями, что в условиях обслуживания клиентов или очередности выполнения производственных операций обслуживающая система (организация, предприятие и пр.) находится в состоянии ожидания. Ожидание возникает вследствие вероятностного характера возникновения потребностей в обслуживании и разброса показателей обслуживающих систем. Данные обслуживающие системы называются «Система массового обслуживания». Обычно данная модель обозначается СМО. В повседневной жизни часто приходится сталкиваться ситуацией, развитие которой происходит по определенному сценарию. Цель изучения СМО в сфере услуг состоит в том, чтобы взять под контроль характеристики обслуживающей системы, установить зависимость между числом обслуживаемых единиц и качеством обслуживания и определить оптимальное количество каналов обслуживания. В промышленности СМО используются при поступлении сырья, материалов, комплектующих на склад и выдачи их со склада: обработке деталей на оборудовании; определении оптимальной численности служб предприятий и т.д.

Основными элементами СМО являются источники заявок, их входящий поток, каналы обслуживания и выходящий поток. Схематически это изображено на рис. 12.



Рис. 12 Основные элементы СМО,

В зависимости от характера формирования очереди в СМО различают следующие системы:

- 1) системы с отказами, в которых при занятости всех каналов обслуживания заявка не встает в очередь и покидает систему необслуженной;
- 2) системы с неограниченными ожиданиями, в которых заявка встает в очередь, если в момент ее поступления все каналы были заняты.

Существуют и системы смешанного типа с ожиданием и ограниченной длиной очереди: заявка получает отказ, если приходит в момент, когда все

места в очереди заняты. Заявка, попавшая в очередь, обслуживается обязательно.

По числу каналов обслуживания СМО делятся на одноканальные и многоканальные.

В зависимости от расположения источника требований системы могут быть разомкнуты (источник заявок находится вне системы) и замкнутыми (источник находится в самой системе).

Наиболее распространенным на практике является входящий поток в форме простейшего потока заявок, обладающего свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последействия.

Стационарность характеризуется тем, что вероятность поступления определенного количества требований (заявок) в течение некоторого промежутка времени зависит только от длины этого промежутка.

Ординарность потока определяется невозможностью одновременного появления двух или более заявок.

Отсутствие последействия характеризуется тем, что поступление заявки не зависит от того, когда и сколько заявок поступило до этого момента. В этом случае вероятность того, что число заявок, поступивших на обслуживание за промежуток времени  $t$ , равно  $k$ , определяется по закону Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (21)$$

где  $\lambda$  – интенсивность потока заявок, т.е. среднее число заявок в единицу времени:

$$\lambda = 1/\bar{\tau} \text{ (число заявок/день)}, \quad (22)$$

где  $\bar{\tau}$  – среднее значение интервала между двумя соседними заявками.

Для такого потока заявок время между двумя соседними заявками распределено экспоненциально с плотностью вероятности:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (23)$$

Случайное время ожидания в очереди начала обслуживания считают распределенным экспоненциально:

$$f(t) = \nu e^{-\nu t}, \quad (24)$$

где  $\nu$  – интенсивность движения очереди, т.е. среднее число заявок, приходящих на обслуживание в единицу времени:

$$v = 1/\bar{t}_{оч} , \quad (25)$$

где  $\bar{t}_{оч}$  – среднее значение времени ожидания в очереди.

Выходящий поток заявок связан с потоком обслуживания в канале,

где длительность обслуживания  $\bar{t}_{обс}$  является случайной величиной и часто подчиняется показательному закону распределения с плотностью:

$$f(t_{обс}) = \mu e^{-\mu t} , \quad (26)$$

где  $\mu$  – интенсивность потока обслуживания, т.е. среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени:

$$\mu = 1/\bar{t}_{обс} \text{ (чел./мин.)}, \quad (27)$$

где  $\bar{t}_{обс}$  – среднее время обслуживания.

Важной характеристикой СМО, объединяющей  $\lambda$  и  $\mu$ , является интенсивность нагрузки:

$$\rho = \lambda / \mu . \quad (28)$$

### 3.1. СМО с отказами

В теории СМО рассматривается одна из типичных ситуаций, когда заявка, поступившая в систему с отказами и нашедшая все каналы обслуживания занятыми, получает отказ и покидает систему не обслуженной. Показателем качества обслуживания выступает вероятность получения отказа. Предполагается, что все каналы доступны в равной степени всем заявкам, входящий поток является простейшим, длительность (время) обслуживания одной заявки ( $t_{обс}$ ) распределена по показательному закону. Для расчета установившегося режима используются следующие формулы:

- 1) Вероятность простоя каналов обслуживания, когда нет заявок ( $k=0$ ):

$$P_0 = 1 / \sum_{k=0}^n \rho^k / k! . \quad (29)$$

- 2) Вероятность отказа в обслуживании, когда поступившая на обслуживание заявка найдет все каналы занятыми ( $k=n$ ):

$$P_{отк} = P_n = P_0 \rho^n / n! . \quad (30)$$

3) Вероятность обслуживания:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{\text{отк}}. \quad (31)$$

4) Среднее число занятых обслуживанием каналов:

$$\bar{n}_3 = \rho P_{\text{обс}}. \quad (32)$$

5) Доля каналов, занятых обслуживанием:

$$k_3 = \bar{n}_3 / n. \quad (33)$$

6) Абсолютная пропускная способность СМО:

$$A = \lambda P_{\text{обс}}. \quad (34)$$

### 3.2. СМО с неограниченным ожиданием

Заявка, поступившая в систему с неограниченным ожиданием и нашедшая все каналы занятыми, становятся в очередь в ожидании обслуживания. Основная характеристика качества обслуживания такой СМО является время ожидания или время пребывания заявки в очереди.

Для таких систем отсутствует вероятность отказа в обслуживании, т.е.

$P_{\text{отк}} = 0, P_{\text{обс}} = 1$ .

Для СМО с ожиданием существует дисциплина очереди:

1. Обслуживание в порядке очереди: «первым пришел - первым обслужен».
2. Случайное неорганизованное обслуживание «последним пришел - первым обслужен».
3. Обслуживание с приоритетами «генералы и полковники вне очереди».

Основные формулы для установившегося режима:

1. Вероятность простоя каналов

$$P_0 = 1 / \sum_{k=0}^n (\rho^k / k!) + \rho^{n+1} / n!(n - \rho) \quad (35)$$

Предполагается  $\rho < n$ .

2. Вероятность занятости обслуживания всех каналов

$$P_k = \rho^k P_0 / k! \quad (36),$$

где  $1 \leq k \leq n$ .

3. Вероятность занятости обслуживанием всех каналов

$$P_n = \rho^n P_0 / n! \quad (37)$$

4. Вероятность того, что заявка окажется в очереди

$$P_{оч} = \rho^{n+1} P_0 / n! (n - \rho) \quad (38)$$

5. Среднее число заявок в очереди:

$$L_{оч} = \rho^{n+1} P_0 / (n - 1)(n - \rho)^2 \quad (39)$$

6. Среднее время ожидания заявки в очереди:

$$t_{оч} = L_{оч} / \lambda \quad (40)$$

7. Среднее время пребывания заявки в СМО:

$$t_{смо} = t_{оч} + t_{обс} \quad (41)$$

8. Среднее число занятых обслуживанием каналов:

$$\bar{n}_3 = \rho \quad (42)$$

9. Среднее число свободных каналов:

$$\bar{n}_{св} = n - \bar{n}_3 \quad (43)$$

10. Коэффициент занятости каналов обслуживания

$$k_3 = \bar{n}_3 / n \quad (44)$$

11. Среднее число заявок в СМО:

$$z = L_{оч} + \bar{n}_3 \quad (45)$$

**Пример 1.** Рассмотрим задачу с использованием СМО с отказами.

Определим эффективность использования трудовых ресурсов на предприятии, оказывающем коммунальные услуги населению с использованием математической модели СМО.

Рассмотрим работу такого предприятия как деятельность СМО с отказами. Коммунальное предприятие обслуживает 22 дома, что составляет около 2600 квартир. Почти все дома (90% жилого фонда) построены в период с 1980 по 1990 годы, капитальный ремонт и внутридомовых санитарно-технических сетей в большинстве домов не проводился.

Износ труб, батарей в квартирах жильцов составляет более 30%. В ЖЭУ, обслуживающем данный участок, работают 8 слесарей ремонтников и 1 сварщик. На выполнение заявки на оказание коммунальной услуги выходит одна пара слесарей. Распределение пар слесарей по ежедневному обслуживанию заявок следующее: 3 пары слесарей выходят ежедневно на обслуживание заявок, 1 пара – на выполнении планового технического ремонта. Таким образом, и в период с декабря по март фиксируется максимальное количество заявок количество обслуживающих слесарей, производящих ремонт тепловых сетей и водопровода, одинаково – 3 пары, что соответствует количеству каналов в СМО  $n=3$ .

Распределение количества заявок на устранение повреждений санитарно-технических, тепловых сетей и водопровода имеет ярко выраженный сезонный характер. Их количество максимально в конце отопительного сезона, когда инженерно-технические системы выходят из строя одновременно в нескольких местах в силу значительного износа и длительной эксплуатации в течение отопительного периода.

Следовательно, в указанный период с декабря по март деятельность коммунального предприятия можно описать в терминах модели СМО с отказами.

Определить вероятность того, что заявка жильцов на коммунальную услугу пройдет не обслуженной в период наибольшего количества заявок (в декабре – марте).

**Решение:**

Среднее ежедневное число заявок, поступающих в данный сезонный период -8 заявок/день, среднее время, которое затрачивает пара слесарей на обслуживание одной заявки – 2 часа. Определим, насколько загружены каналы обслуживания и сколько их необходимо, чтобы вероятность обслуживания заявок была более 0,95 ( $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ ).

Имеем, интенсивность потока заявок  $\lambda=8$  заявок/день=1 заявок/час, т.е. среднее число в единицу времени. Среднее время обслуживания одной заявки 2 часа.

Тогда вычислим интенсивность потока обслуживания  $\mu$ , т.е. среднее число заявок, обслуживаемых в 1 времени (в 1 час):

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}} = \frac{1}{2 \text{ часа}} = 0,5 \text{ заяв / час} .$$

Рассчитаем интенсивность нагрузки каналов обслуживания по формуле:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} .$$

Следовательно:

$$\rho = \frac{1}{0,5} = 2 .$$

Определим вероятность простоя каналов обслуживания:

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!}} .$$

В нашем случае  $n=2$ , т.е.

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!}} = \frac{1}{1 + 2 + 2 + 1,33} = 0,16 .$$

Тогда вероятность отказа в обслуживании заявки жильцов:

$$P_{\text{отк}} = \frac{P_0 \rho^n}{n!} .$$

В нашем случае, когда число каналов обслуживания  $n=3$ ,

$$P_{\text{отк}} = \frac{0,16 \cdot 2^3}{3!} = 0,213 .$$

Тогда вероятность обслуживания:

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_{\text{отк}} = 0,787 .$$

Среднее число занятых обслуживанием каналов в модели СМО с отказами рассчитывается по формуле:

$$\overline{n_3} = \rho \cdot P_{\text{обс}} .$$

Тогда для данной задачи число каналов, занятых обслуживанием:

$$\overline{n_3} = 2 \cdot 0,787 = 1,573 .$$

При этом доля каналов, занятых обслуживанием заявки на ЖКУ:

$$k_3 = \frac{\overline{n_3}}{n} ,$$

следовательно,

$$k_3 = \frac{1,573}{3} = 0,52 .$$

Тогда абсолютная пропускная способность исследуемой СМО

$$A = \lambda P_{\text{обс}}$$

И, следовательно,

$$A = 1 \cdot 0,787 = 0,787.$$

Получаем, что в коммунальной организации при количестве обслуживающих каналов  $n=3$ , вероятность обслуживания заявки  $P_{\text{обс}}=0,787$ , что не удовлетворяет условию  $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ . Т.е. вероятность того, что заявка пройдет не обслуженной в период декабрь – март месяцы не удовлетворяет неравенству  $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ .

Если увеличить число каналов обслуживания заявок до значения  $n=4$ , то имеем следующие результаты расчетов СМО.

Интенсивность потока заявок  $x=8$  заявок/день=1 заявка/час, т.е. среднее число в единицу времени. Среднее время обслуживания одной заявки 2 часа.

Тогда интенсивность потока обслуживания  $\mu$ , т.е. среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени (в 1 час):

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обсл}}} = \frac{1}{2 \text{ часа}} = 0,5 \text{ заяв / час} .$$

Интенсивность нагрузки каналов обслуживания:

$$\rho = \frac{1}{0,5} = 2 .$$

Вероятность простоя каналов обслуживания, когда число каналов обслуживания  $n=4$ :

.

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!} + \frac{2^4}{4!}} = \frac{1}{1 + 2 + 2 + 1,33 + 0,67} = 0,14.$$

В нашем случае, вероятность отказа в обслуживании заявки жильцов:

$$P_{отк} = \frac{0,14 \cdot 2^4}{4!} = 0,095.$$

Тогда вероятность обслуживания:

$$P_{обс} = 1 - P_{отк} = 0,905.$$

Среднее число занятых обслуживанием каналов в модели СМО с отказами:

$$\bar{n}_3 = 2 \cdot 0,905 = 1,81.$$

При этом доля каналов, занятых обслуживанием заявки на ЖКУ, следовательно,

$$k_3 = \frac{1,81}{4} = 0,453.$$

Тогда абсолютная пропускная способность данной СМО

$$A = 1 \cdot 0,453 = 0,453.$$

Получаем, что в организации ЖЭУ при количестве обслуживающих каналов  $n=4$ ,  $P_{отк}=0,133$ ,  $P_{обс}=0,867$ . Т.е. не выполняется условие для вероятности обслуживания  $P_{обс} \geq 0,95$ . и СМО и в этом случае работает в режиме СМО с отказами.

При числе обслуживающих заявки каналов  $n=5$  имеем интенсивность потока заявок  $x=8$  заявок/день=1 заявка/час, т.е. среднее число заявок в единицу времени. Среднее время обслуживания одной заявки 2 часа.

Интенсивность потока обслуживания  $\mu$ , т.е. среднее число заявок, обслуживаемых в единицу времени (в 1 час):

$$\mu = \frac{1}{t_{обсл}} = \frac{1}{2 \text{ часа}} = 0,5 \text{ заяв / час}.$$

Интенсивность нагрузки каналов обслуживания:

$$\rho = \frac{1}{0,5} = 2.$$

Определим вероятность простоя каналов обслуживания:  
В нашем случае  $n=5$ , т.е.

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!} + \frac{2^4}{4!} + \frac{2^5}{5!}} =$$

$$= \frac{1}{1 + 2 + 2 + 1,33 + 0,67 + 0,267} = 0,138$$

Тогда вероятность отказа в обслуживании заявки жильцов:

$$P_{отк} = \frac{0,138 \cdot 2^5}{5!} = 0,037$$

Тогда вероятность обслуживания:

$$P_{обс} = 1 - P_{отк} = 0,963.$$

Среднее число занятых обслуживанием каналов в модели СМО с отказами:

$$\bar{n}_3 = 2 \cdot 0,963 = 1,926.$$

При этом доля каналов, занятых обслуживанием заявки на ЖКУ:

$$k_3 = \frac{1,926}{5} = 0,39.$$

Тогда абсолютная пропускная способность данной СМО:

$$A = 1 \cdot 0,963 = 0,963.$$

Получаем, что в организации ЖЭУ при количестве обслуживающих каналов  $n=5$ ,  $P_{отк}=0,037$  и  $P_{обс}=0,963$ . Это значение вероятности обслуживания соответствует требуемому интервалу вероятности обслуживания  $P_{обс} \geq 0,95$ .

Таким образом, при увеличении числа каналов обслуживающих заявки до  $n=5$ , вероятность обслуживания заявок становится более 95%. Для попадания в интервал вероятности  $P_{обс} \geq 0,95$  (гарантия выполнения заявки близка к 100%) для обслуживания жильцов предприятию ЖЭУ нужно задействовать не менее 10 и более слесарей-ремонтников.

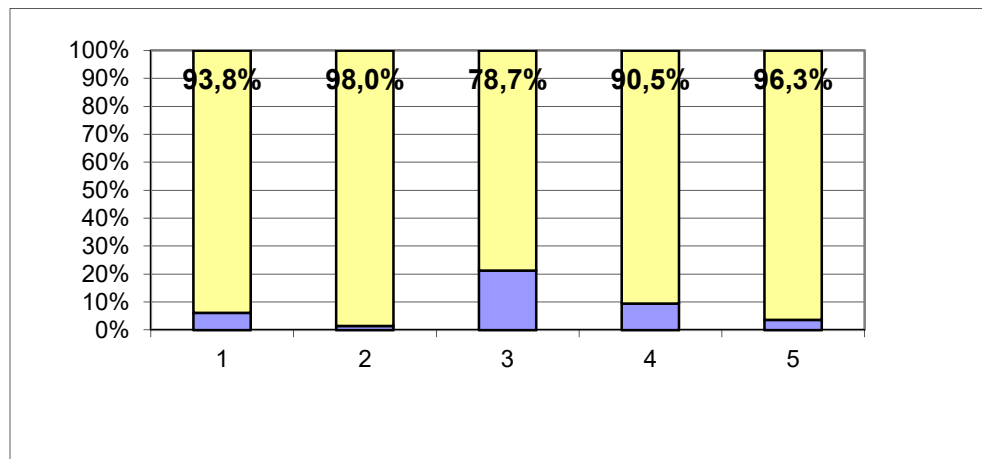


Рис .13 Вероятность исполнения заявки жильцов при различном количестве каналов обслуживания и числе заявок в день:

- вероятность отказа исполнения заявки  $P_{отк}$ ;
  - вероятность обслуживания  $P_{обсл}$  при числе:
- 1- заявок в день  $x=4$  каналов обслуживания  $n=3$ ;
  - 2- заявок в день  $x=4$  каналов обслуживания  $n=4$ ;
  - 3- заявок в день  $x=8$  каналов обслуживания  $n=3$ ;
  - 4- заявок в день  $x=8$  каналов обслуживания  $n=4$ ;
  - 5- заявок в день  $x=8$  каналов обслуживания  $n=5$ .

Ответ: вероятность того, что при  $n=3$  заявка будет обслужена, составляет 16%, при этом доля занятых обслуживанием работников составит 52%.

Анализируя результаты использования СМО с отказами в данном случае можно видеть, что экономического эффекта в управлении коммунальным предприятием нельзя достичь посредством простых вариаций числа работников. Повысить эффективность СМО в этом случае можно, в частности, за счет использования внутренних резервов предприятия при управлении финансовыми и производственными ресурсами и персоналом.

**Пример 2.** Рассмотрим задачу использования СМО с неограниченным ожиданием в очереди.

Отделение банка имеет трех контролеров-кассиров. Поток клиентов поступает с интенсивностью 30 чел. в час ( $\lambda=30$  чел/час). Средняя продолжительность обслуживания 3 мин. Определить характеристики обслуживания отделения банка как СМО.

**Решение:**

Интенсивность потока обслуживания 0,333, интенсивность нагрузки 1,5. Вероятность простоя контролеров-кассиров в течение рабочего дня:

$$P_0 = 0,21$$

Вероятность застать все каналы занятыми:

$$P_n = 1,5^3 * 0,21/3!$$

Вероятность очереди:

$$P_{оч} = 0,118$$

Среднее число клиентов в очереди:

$$L_{оч} = 0,236 \text{ чел.}$$

Среднее время ожидания обслуживания:

$$\overline{t_{оч}} = \frac{0,236}{0,5} = 0,472 \text{ мин.}$$

Среднее время пребывания клиента в системе:

$$t_{СМО} = 0,472 + 3 = 3,472 \text{ мин.}$$

Среднее число свободных каналов:

$$n_{св} = 3 - 1,5 = 1,5$$

Коэффициент занятости контроллеров-кассиров обслуживанием клиентов:

$$k_3 = \frac{1,5}{3} = 0,5$$

Среднее число посетителей отделения банка:

$$\bar{Z} = 0,236 + 1,5 = 1,736 \text{ чел.}$$

**Ответ:** Вероятность простоя контроллеров-кассиров равна 21% рабочего времени, вероятность того, что клиент окажется в очереди, составит 11,8 %, среднее число посетителей в очереди 0,236 чел., среднее время ожидания посетителем обслуживания 0,472 мин.

### Задачи для самостоятельного решения

#### Задача 36.

В ОТК работают **A** контролера. Когда деталь поступает на обслуживание и все контролеры заняты, она выходит из системы непроверенной. Среднее число деталей, поступающих на проверку в течение часа **Б**, среднее время проверки одной детали **В** мин. Определите вероятность того, что деталь пойдет необслуженной. Определить загрузку контролеров и какое их число будет соответствовать требованию  $P_{\text{обс}} \geq Д$ .

#### Исходные данные для задачи 36

Таблица 83

| вариант | <b>A</b> | <b>Б</b> | <b>В</b> | $P_{\text{обс}} \geq Д$    |
|---------|----------|----------|----------|----------------------------|
| 1       | 3        | 19       | 5        | $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ |
| 2       | 2        | 23       | 6        | $P_{\text{обс}} \geq 0,98$ |
| 3       | 4        | 20       | 8        | $P_{\text{обс}} \geq 0,91$ |
| 4       | 2        | 27       | 7        | $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ |
| 5       | 3        | 19       | 4        | $P_{\text{обс}} \geq 0,98$ |
| 6       | 4        | 21       | 8        | $P_{\text{обс}} \geq 0,91$ |
| 7       | 5        | 24       | 3        | $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ |
| 8       | 4        | 21       | 9        | $P_{\text{обс}} \geq 0,91$ |
| 9       | 5        | 28       | 6        | $P_{\text{обс}} \geq 0,95$ |
| 10      | 3        | 20       | 5        | $P_{\text{обс}} \geq 0,98$ |

#### Задача 37.

Отделение банка имеет **A** контролеров-кассиров. Поток клиентов поступает с интенсивностью **Б** чел. в час. Средняя продолжительность обслуживания **В** мин. Определить характеристики обслуживания клиентов отделения банка как СМО.

#### Исходные данные для задачи 37

Таблица 84

| вариант | <b>A</b> | <b>Б</b> | <b>В</b> |
|---------|----------|----------|----------|
| 1       | 3        | 29       | 3        |
| 2       | 2        | 33       | 4        |
| 3       | 4        | 30       | 5        |
| 4       | 2        | 27       | 4        |
| 5       | 3        | 29       | 3        |
| 6       | 4        | 26       | 5        |
| 7       | 5        | 24       | 6        |
| 8       | 2        | 31       | 7        |
| 9       | 3        | 25       | 6        |
| 10      | 4        | 28       | 4        |

## **4. УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ НА ОСНОВЕ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ**

### **4.1. Теоретические основы управления проектами**

#### **4.1.1. Сущность и содержание основных понятий управления проектами**

В настоящее время все больше теоретиков и практиков управления склоняются к тому, что наиболее эффективным и приемлемым для России методом оздоровления и управления производством является внедрение проектного менеджмента. По оценкам мировых экспертов, сегодня свыше 15 млн. специалистов во всем мире вовлечено в проектно-ориентированную деятельность по осуществлению преобразований в различных сферах, созданию новых продуктов и услуг. На проекты и программы ежегодно расходуется около 30% мирового бюджета, или 45 трлн. долл. [http:// [www.projectmanagment.ru](http://www.projectmanagment.ru)].

Область применения методологий проектного менеджмента весьма разнообразна, хотя инструмент проектного менеджмента был разработан в США для организации судостроительных, авиационных предприятий. Сейчас же проектный менеджмент получает всё большую популярность, применяется на различных фирмах, не зависимо от размера, рода деятельности, поставленных целей и задач. Согласно статистическим данным в сфере исследований и разработок, около 42% фирм используют проектный подход в управлении, 26% - в проектах по созданию либо обновлению оборудования и систем, 12 - 16% занимают инвестиционные проекты, удельный вес иных видов проектов – 4%

Несмотря на возрастающую роль и актуальность проектного менеджмента, в современной литературе до сих пор не существует единого общепринятого определения понятия «проект». Трактовка понятия «проект» различными субъектами проектного менеджмента приведена в приложении 1.

До недавнего времени в отечественной практике термин «проект» использовался преимущественно в технической сфере и с ним связывалось представление о совокупности документации по созданию каких-либо сооружений или зданий. На Западе для обозначения этого процесса используется термин «дизайн» (designing), а понятие «проект» (project) трактуется более широко.

Наиболее популярным в мире является определение, приведенное в Своде знаний по управлению проектами Американского Института Управления проектами (PMbok, 4-я редакция): «Проект - это временное предприятие, предназначенное для создания уникальных продуктов, услуг или результатов». Данное определение лаконично раскрывает суть данного понятия, однако не акцентирует внимания на ограниченности и оптимальном использовании ресурсов, предъявлению определенных требований к качеству проектов и допустимому уровню риска. Более широкое определение дается в Советском энциклопедическом словаре: «Проект (от лат. projectus - брошенный вперед, выступающий, выдающийся вперёд, торчащий) - это уникальная (в отличие от операций) деятельность, имеющая начало и конец во времени, направленная на достижение заранее определённого результата/цели, создание определённого, уникального продукта или услуги, при заданных ограничениях по ресурсам и срокам, а также требованиям к качеству и допустимому уровню риска». Данное определение могло бы быть более лаконичным, если бы автор не разделял понятия цели и создания уникального продукта (т.к. создание уникального продукта(услуги), является непосредственно целью проекта), однако следует отметить что это достаточно ёмкое определение, которое не только раскрывает основные аспекты проектного менеджмента, но и выделяет принципиальное отличие между проектной и операционной деятельностью. Так же определение приведённое в Советском энциклопедическом словаре позволяет визуально представить сущность проекта: это именно наглядное описание тех мероприятий, которые планируется осуществить в будущем. Следующее определение принадлежит Центру энергосберегающих технологий Республики

Татарстан при Кабинете Министров РТ: «проект – это совокупность действий (процессов), приносящих результат, во время которых человеческие, финансовые и материальные ресурсы определенным образом организуются с тем, чтобы результат соответствовал утвержденным спецификациям, количественным и качественным показателям, и, как следствие, требованиям потребителей». Данное определение выражает проект через совокупность операций, однако не акцентирует внимание на необходимость сочетания и активного взаимодействия данных операций для достижения единой цели. Более того, при реализации проектов зачастую невозможно ограничиться только человеческими, финансовыми и материальными ресурсами – активно используются информационные и иные виды ресурсов. Однако именно данное определение отмечает, что в конечном итоге все проекты должны быть направлены на потребителя (т.е. должны производить не только уникальную, но и актуальную необходимую для общества продукцию). Практики проектного менеджмента при определении понятия «проект» делают больший акцент на достижение поставленных целей: «Проект - это цель и технология ее достижения» - специалист по управлению проектами, Сергей Назаров. Однако стоит обратить внимание, что ставить цели и прописывать технологию ее достижения можно и в рамках операционной деятельности.

Учитывая вышеперечисленные определения понятия «проект», можно выделить основные признаки проектов: наличие уникальной цели, ограниченность в ресурсах и четкие временные рамки реализации проекта. Таким образом, можно дать следующее определение проекта: «Проект – утвержденное к реализации уникальное решение и его исполнение с закрепленными компетенциями и ответственностью при заданных ограничениях по ресурсам и срокам, и в условиях допустимого уровня риска».

Поскольку понятие проекта, прежде всего, связывается с целенаправленными изменениями больших систем, самое общее определение проектного менеджмента - это "управление изменениями" (Воропаев). Единого подхода к пониманию управления проектами так же не существует. В

приложении 2 приведены определения проектного менеджмента, сформулированные разными авторами.

К примеру, Хорин дает весьма общее определение: «Управление проектами – это не что иное, как процесс руководства проектами». Данное определение не вполне корректно, поскольку один термин (управление) выводится через другой (руководство), нуждающийся в дополнительном объяснении. Зачастую авторы раскрывают смысл управления проектами через функции: обоснование проекта, планирование проектной работы, организацию проектной работы, контроль хода выполнения проектной работы. Согласно определению, приведенному в учебном пособии под авторством Мазур, Шапиро «управление проектами - методология организации, планирования, руководства, координации трудовых, финансовых и материально-технических ресурсов на протяжении проектного цикла, направленная на эффективное достижение его целей путем применения современных методов, техники и технологии управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта. Данное определение будучи достаточно емким, включает в себе некоторое дублирование информации: так, например, методология и есть совокупность методов, достижение результатов это и есть достижение целей, а качество самом общем виде понимается как совокупность параметров, удовлетворяющих потребителя. С.А. Мишин определяет управление проектом как выполнение универсальных действий в соответствии с нормами и правилами, предусмотренными системой управления проектами. В данном определении вновь понятие выводится через само себя, при этом допускается нелогичность некоторых выражений, так как проект это в первую очередь уникальная неповторяющаяся деятельность, в этом основное ее отличие от операционной деятельности. Поэтому использование выражения «выполнение универсальных действий» не является корректным. Троицкий проектную деятельность рассматривает в узком и в широком смысле. В узком - как комплекс управляющих действий, а также множество используемых для этого

принципов, методов и средств. В широком – как сфера теоретических и практических знаний, применяемых для управления проектами. При этом отсутствует системный подход к данному понятию и ориентация на цель (без чего не может существовать проект).

Обратимся к стандартам, поскольку они выступают не только «законодателями», но в них концентрированное выражение находит международный опыт управления проектами. «Управление проектами: Основы профессиональных знаний, Национальные требования к компетенции специалистов» (SOVNET, IPMA) дает следующее ключевое определение: управления проектами (ProjectManagement) - использование знаний, навыков, методов, средств и технологий при выполнении проекта с целью достижения или превышения ожиданий участников проекта. Зачастую личные ожидания участников выступают не конечной целью, а инструментом с помощью которого воплощается конечная идея проекта. Согласно PMBoK, 4-я редакция, управление проектами (УП) или ProjectManagement (PM) - это искусство руководства и координации людских и материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла проекта путем применения современных методов и техники управления для достижения определенных в проекте результатов по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству и удовлетворению участников проекта. В данном определении выделяются основные виды используемых ресурсов : людские и материальные, но не предусмотрено то, что при управлении проектами менеджеры зачастую работают с нематериальными активами: брендинг продукции, защита авторских прав, информационное обеспечение и др.

Таким образом, если рассматривать управление проектами с системной позиции, то система есть единство управляющей и управляемой подсистем. Управляемая подсистема – проект либо комплекс проектов с соответствующей инфраструктурой (портфель проектов, программа). Управляющая подсистема – субъекты управления проектами, применяющие управляющие воздействия – знания, методы, инструменты и другое для достижения целей проекта

(произвести необходимое с целевой точки зрения и в совокупности качественных параметров, к намеченному сроку в рамках установленного бюджета). Поэтому управление проектами как процесс и есть совокупность управляющих воздействий для достижения целей проекта.

Для однозначного определения сущности понятия «управления проектами», необходимо выяснить какие параметры подвергаются управленческому воздействию при проектном менеджменте. Эти параметры – стоимость, качество и сроки. Визуально они образуют проектный треугольник (рис.14).



Рис.14. Классический проектный треугольник

В рамках проектного менеджмента находится баланс между данными параметрами. Цель проектного менеджмента: получить ожидаемый результат, в оговоренный срок, с требуемым качеством, имеющимися ресурсами, уложившись в бюджет. Таким образом, основными функциями проектного менеджмента являются: управление временем, стоимостью, качеством и предметной областью проекта. Дополнительные функции: управление персоналом, коммуникациями, обеспечением проекта, рисками.

Механизм управления проектами – это совокупность законов, правил и процедур, регламентирующих взаимодействие участников проекта, в том числе – процедуры принятия решений руководителем проекта.

Субъектами управления относятся ключевые участники проекта (инвестор, заказчик, генподрядчик, исполнители) и команда управления проектом.

Проект состоит из процессов. Процесс - это совокупность действий, приносящая результат. Разделение проекта на процессы позволяет своевременно осуществлять контроль над проектом и соответствующую координацию действий. Каждая организация самостоятельно выделяет декомпозицию проекта на процессы в зависимости от вида проекта и специфики организации. Типовая структура разделения проекта на основные группы процессов приведена в Своде знаний по управлению проектами (Рисунок 15 а.). Графическое изображение схем взаимодействия основных групп процессов, разработанное некоторыми авторами приведено в пунктах б-г Рисунок 15.

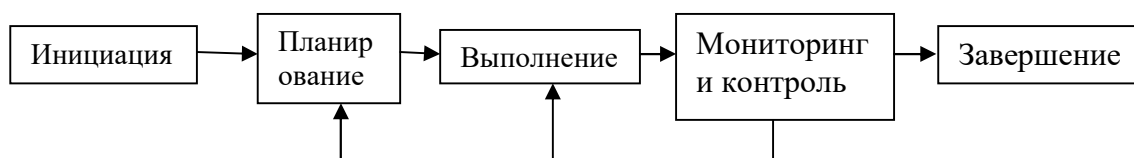


Рис.15а. Основные группы бизнес процессов, приведенные в РМВоК 2008 г.

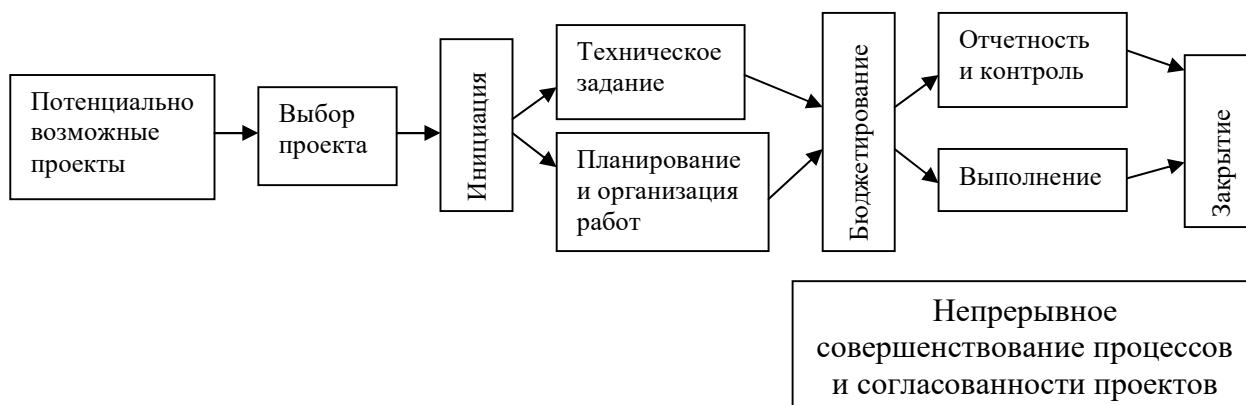


Рис.15 б. Совокупность бизнес-процессов, согласно методике Матвеева

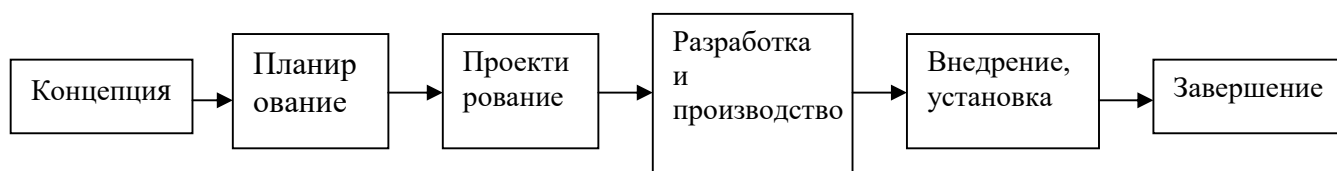


Рис.15в. Совокупность бизнес-процессов, согласно методике Чейса и Арчибальда

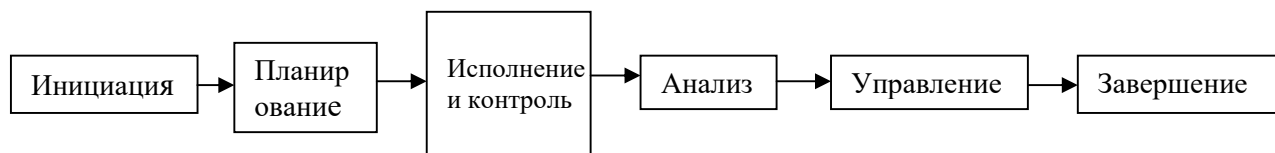


Рис.15г. Совокупность бизнес-процессов, согласно методике [28, с.20]

Анализируя представленные выше виды бизнес-процессов, следует отметить, что каждая структура имеет аналогичные бизнес-процессы, которые включают в себя определения возможностей или потребностей, краткое технико-экономическое обоснование, планирование, непосредственное выполнение работ, анализ выполнения работ, контроль и завершение проекта. Причем только в структуре, предусмотренной в РМВоК 2008 г отмечено наличие обратной связи между процессами. В методике Матвеева присутствует процесс непрерывного совершенствования бизнес-процессов, однако он не связан функциональными связями ни с одним из процессов (не является ни входом ни выходом), а только составляет «внешнее окружение».

С целью получения аналитической информации по проектам и грамотного управления проектами принято делить проекты на разные классификационные группы. В теории проектного управления имеется огромное множество классификаций проектов по разным признакам (см. приложение 4), однако классической и наиболее используемой является классификация проектов, приведенная в труде Владимира Воропаева «Управление проектами в России», в которой выделяются следующие классификационные признаки: класс, тип, вид, масштаб, сложность и длительность проекта.

По составу и структуре проектов и его предметной области (класс проекта) проекты разделяются на монопроекты, мультипроекты, мегапроекты. По типу (основные сферы деятельности, в которых осуществляется проект), выделяют технические, организационные, экономические, социальные и смешанные проекты. По характеру предметной области (вид) проекты подразделяются на инвестиционные, научно-исследовательские, учебно-образовательные, смешанные. По размерам самого проекта, количеству участников и степени влияния на окружающий мир проекты делят на мелкие, средние, крупные и очень крупные проекты. По продолжительности периода осуществления проекты подразделяются на краткосрочные, среднесрочные и длительные проекты. По степени сложности: простые, сложные и проекты средней сложности.

В процессе управления проектами очень важное значение приобретает тип организационной структуры, в которой реализуется проект. Выделяю три типа организационных структур: функциональная, матричная и проектная структуры.

Функциональная организационная структура это структура в которой персонал иерархически группируется по специальностям (к примеру, производство, маркетинг и.т.д.) и далее по специализациям (например, инжиниринг подразделяется на механический, электрический и.т.д.). Проектная организационная структура – это структура, в которой проектам в организации соответствуют выделенные административные единицы, а руководитель проекта наделяется общими административными полномочиями. Матричная организационная структура – адаптивная организационная структура, закрепляющая в организационном построении компании два направления руководства: вертикальное направление – управление функциональными и линейными структурными подразделениями; горизонтальное направление – управление отдельными проектами, программами, продуктами, для реализации которых привлекаются человеческие и иные ресурсы различных подразделений компании. Матричные структуры подразделяются на слабые,

сильные и сбалансированные матричные структуры в зависимости от степени преобладания элементов функциональной (слабая матрица) и проектной (сильная матрица) организацию. Преимущества и недостатки реализации проекта в рамках разных организационной структур представлены в приложении 5.

Таким образом, управление проектами это достаточно сложный и трудоемкий процесс, который представляет собой сочетание глубоких знаний экономики, менеджмента и отличное понимание предметной области проекта. С целью более глубокого познания процесса управления проектами в следующем параграфе и в рамках всей дипломной работы в целом сделаем акцент на отдельную предметную область: управление проектами конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) в отрасли промышленного приборостроения.

Стандарты, регулирующие управление проектами не относятся к числу официально используемых в системе стандартизации Российской Федерации. Данные стандарты обеспечивают единую базовую терминологию для применения в соответствующей области управления, единые общие требования и критерии оценки соответствия этим требованиям. При этом организациям, внедряющим положения стандарта проектного менеджмента в свою управленческую практику, дается значительная свобода в определении объема его применения, выборе и описании управленческих и технологических процессов, подвергающихся стандартизации, а также в документальном оформлении.

Основными разработчиками стандартов управления проектами являются Институт управления проектами США (Project Management Institute, PMI), Международная ассоциация управления проектами (International Project Management Association, IPMA), Международная организация по стандартизации (International Standard Organization, ISO), Японская ассоциация управления проектами (Project Management Association of Japan, PMAJ),

Агентство по ИТ и телекоммуникациям Великобритании (Central Computer and Telecommunication Agency, CCTA).

Разработка стандартов, регулирующих эту сферу корпоративного управления, ведется на трех уровнях:

- уровень профессиональных сообществ (ярким примером являются стандарты управления проектами американского Института управления проектами);
- национальный уровень (например, британские стандарты BS, германские стандарты DIN, российские стандарты ГОСТ Р );
- международный уровень (например, стандарты Международной организации по стандартизации ISO и Международной ассоциации управления проектами (IPMA).

Указанные уровни разработки стандартов тесно связаны между собой. Так, стандарты, разработанные на национальном уровне, часто используются в качестве основы для соответствующих международных стандартов. Например, при разработке наиболее известного международного управленческого стандарта - стандарта управления качеством ISO 9001 - использовались положения соответствующего британского стандарта BS 6079. Международные стандарты, в свою очередь, могут в полном объеме или с незначительной адаптацией использоваться в качестве национальных. Указанная практика закреплена Федеральным законом РФ N 184-ФЗ «О техническом регулировании», в статье 12 которого указано, что применение международных стандартов в качестве основы для разработки государственных стандартов является одним из принципов стандартизации в Российской Федерации.

Так же существует следующая классификация стандартов [15, с.20]:

- стандарты управления монопроектами (PMBok (PMI), ISO 10006 (ISO), PRINCE2 (CCTA), P2M (PMAJ));
- стандарты управления программами (Standard for Program Management (PMI), P2M (PMAJ));

- стандарт управления портфелем проектов (Standard for Portfolio Management (PMI));
- стандарты описания компетенций менеджера проекта (PMCDF (PMI), ICBVersion 3.0 (IPMA), НТК (Российская ассоциация управления проектами COBHET));
- стандарты организационного управления проектами (OPM3 (PMI)).

Общая структура иерархии стандартов управления проектами изображена на рисунке 16.

Сравнительный анализ наиболее известных стандартов по управлению проектами приведен в приложении 4.



Рис. 16. Пирамида управления проектами, программами и портфелями проектов [15, с.22]

Среди существующих стандартов, регулирующих управление проектами, выделяются два стандарта, которые носят основополагающий характер и экспертами единогласно приняты как базовые по отношению к другим управленческим стандартам:

1. «Руководство своду знаний по управлению проектами. — стандарт управления проектом PMBoK (разработан Институтом управления проектами PMI);

2. ISO10006 — серия взаимодополняющих стандартов в области управления качеством (разработана Международной организацией по стандартизации ISO).

Project Management Body of Knowledge (Свод знаний по управлению проектами, PMBoK) является признанным во всем мире стандартом, который касается знаний, навыков, инструментов и методик, соответствующих требованиям проекта. Инструкция PMBOK определяет жизненный цикл проекта, 5 процессуальных групп и 9 областей профессии руководства проектом. (сайт 12 менедж)

Согласно методологии PMBoK, проект выполняется посредством интеграции процессов руководства проектом. PMBOK использует модифицированную версию цикла Деминга непрерывного улучшения жизненным циклом, состоящим из следующих пяти этапов: инициирование, планирование, исполнение, мониторинг и контроль, завершение проекта.

Первое издание PMBoK было опубликовано в 1987 году и представляло собой сборник тезисов к семинарам, инициированным в начале 80-х годов Институтом проектного управления PMI. Позже был опубликован второй вариант PMBoK (1996 г., 2000 г.) на основании комментариев членов PMI. Третий вариант Свода знаний по управлению проектами был опубликован в 2004 г. со значительными улучшениями в структуре документа, добавлениями к процессам, терминами и доменами программы и портфеля. Четвертый PMBoK вышел в 2008 году. Основные различия между третьим и четвертым изданием заключаются в совершенствовании терминологии, стилистических преобразованиях текста, введении уточняющей информации о содержании официальных документов, акцентировании внимания на коммуникационных навыках проектных менеджеров. Кроме того в четвертом PMBoK количество процессов уменьшено с 44 до 42. Удалены два процесса, добавлены два

процесса, и 6 процессов были переформированы в 4 процесса в области знаний управления закупками проекта.

Основные преимуществами РМВоК являются:

- ориентация на процесс;
- описание знаний, необходимых для того, чтобы управлять жизненным циклом любого проекта, программы и портфеля через процессы;
- определение для каждого процесса необходимых вводных ресурсов, инструментов, методик, результатов;
- определение необходимых знаний на основе которых могут быть созданы лучшие практики в любой индустрии;
- отображение всех процессов управления проектом в динамике;
- возможность проследить связь между компонентами методологии

Выделяют следующие недостатки данного стандарта

(<http://www.pmpofy.ru/content/rus/199/1996-article.asp>):

- сложность для небольших проектов;
- отсутствие конкретных предложений и мероприятий;
- укрупненное описание процесса, отсутствие ясных формулировок;
- должна быть адаптация к области применения, размеру и сфере деятельности проекта, времени, бюджету и ограничениям по качеству

Альтернативой Своду правил по управлению проектами является ИСО 10006. Международный Стандарт ИСО 10006 обеспечивает управление элементами системы качества, определяющими концепции и действия, реализация которых оказывает существенное влияние на достижение качества в руководстве проектом и дополняет элементы управления проектом, приведенные в ГОСТ Р ИСО 10006-2005. Стандарт применим к проектам любой сложности, малым или большим, требующим малого или продолжительного времени для их исполнения, осуществляемых в различных окружающих условиях, независимо от вида проектируемых к выпуску изделий (включая технические средства, программное обеспечение, полуфабрикаты, обслуживание или комбинации этого).

Однако в ИСО 10006 процессы переплетены с областями знаний, связь между процессами не всегда четко прослеживается, многие требования носят общий характер. Например: «Для усовершенствования плановых взаимосвязей между процессами, в проекте необходимо управлять взаимосвязями. Это должно включать создание процедур для управления связями, включая межфункциональные совещания по проекту и разрешение конфликтов, таких как, конфликт ответственностей или изменение в распределении риска, осуществление анализа освоенных объемов и проведение оценки выполнения для отслеживания состояния проекта и планирования оставшейся работы.

Оценки выполнения также должны использоваться для определения потенциальных проблем взаимосвязи. Должны быть отмечены те взаимосвязи, в которых обычно риск больше, чем в других и которые необходимо специально координировать.». (Раздел 5.3.2. «Управление взаимодействием» (Стандарт ИСО). Это достаточно абстрактные рекомендации, не подразумевающие за собой конкретных действий.

Из анализа международного и российского опыта внедрения и развития стандартизации проектного управления процесса КТПП можно сделать следующие выводы:

- стандартизация все в большей степени носит международный, глобальный характер;
- российские стандарты КТПП представлены в большей степени ГОСТами. Однако в ГОСТах основном представлены требования к форме и содержанию проектных документов, к составу и последовательности проектных работ. Кроме того, что почти все эти документы разработаны до 1990 года, применение их требует некоторой адаптации. Поэтому для качественной постановки процесса КТПП наряду с ГОСТами следует применять международные требования к организации процесса КТПП, такие как стандарты DFMA и DFSS.
- в России отсутствует нормативное регулирование именно проектной деятельности, однако практиками менеджмента используется большое

количество стандартов, самыми распространенными из которых являются ISO 9000:2000 и PMBOK. Однако данные стандарты также требуют адаптации под российскую промышленность и конкретизации под определенные работы, поэтому данные стандарты нельзя применять отдельно от стандартов организации работ КТПП.

Таблица 85

Сравнительный анализ международных стандартов по управлению проектами

| <b>Критерии / стандарты</b>                           | <b>РМВОК</b>                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>ISO 10006</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>P2M</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>PRINCE2</b>                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Используемый подход</i>                            | <i>Процессный</i>                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>Процессный</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <i>Системный</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>Процессный</i>                                                                                                                                                                       |
| <i>Рассмотрение проекта</i>                           | <i>Изолированно</i>                                                                                                                                                                                                                                               | <i>В контексте организации</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <i>В контексте организации</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <i>В контексте организации</i>                                                                                                                                                          |
| <i>Состав предметных областей управления проектом</i> | <i>Управление интеграцией.<br/>Управление содержанием.<br/>Управление сроками.<br/>Управление стоимостью.<br/>Управление персоналом.<br/>Управление рисками.<br/>Управление коммуникациями.<br/>Управление качеством.<br/>Управление контрактами и поставками</i> | <i>Выработка стратегии.<br/>Управление взаимосвязями.<br/>Связанные с проектным заданием.<br/>Связанные со сроками. Связанные с затратами.<br/>Связанные с ресурсами. Связанные с персоналом.<br/>Связанные с распространением информации.<br/>Связанные с рисками.<br/>Связанные с материально-техническим обеспечением</i> | <i>Управление стратегией.<br/>Управление финансами.<br/>Управление системами.<br/>Управление организацией проекта.<br/>Управление задачами.<br/>Управление ресурсами.<br/>Управление рисками.<br/>Управление ИТ проекта.<br/>Управление взаимоотношениями.<br/>Управление ценностью проекта.<br/>Управление коммуникациями</i> | <i>Старт проекта.<br/>Инициация.<br/>Планирование.<br/>Руководство проектом.<br/>Контроль стадий<br/>Управление поставкой продукта.<br/>Управление границами стадий.<br/>Завершение</i> |
| <i>Наличие шаблонов управленческих документов</i>     | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                                                                                                        | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Да</i>                                                                                                                                                                               |
| <i>Наличие системы индивидуальной сертификации</i>    | <i>Да</i>                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <i>Да</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <i>Да</i>                                                                                                                                                                               |
| <i>Наличие перевода на русский язык</i>               | <i>Да</i>                                                                                                                                                                                                                                                         | <i>Да</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <i>Нет</i>                                                                                                                                                                              |

Источник: [15, с. 20]

Однако при всем многообразии стандартов проектного менеджмента и управления процессом КТПП, ни один из них не может в полной мере обеспечить методологическое сопровождение управления проектами КТПП в отечественных предприятиях. Этому для организации эффективного управления проектами КТПП необходимо знания основных стандартов КТПП и проектного менеджмента и умение их системного использования.

#### **4.1.2. Подход к планированию и управлению комплексом работ по проекту**

Как показало исследование теоретических основ и анализ практического опыта управления проектами на промышленном предприятии, ключевыми факторами успеха управления проектами являются составление четкого плана проекта, минимизация рисков и отклонений от плана. Без четкого последовательного плана члены проектной команды говорят на «разных языках» и могут работать по многим различным направлениям не согласованно. Одобрение командой краткого, но глубоко проработанного плана проекта предполагая понимание целей проекта, а также согласие с этими целями и путями их достижения, является фундаментальным средством мониторинга и контроля за реализацией проекта.

Планирование и управление комплексом работ по проекту представляет собой сложную и, как правило, противоречивую задачу. Оценка временных и стоимостных параметров функционирования системы, осуществляемая в рамках этой задачи, производится различными методами. Среди существующих большое значение имеет метод сетевого планирования [14, с.45].

Методы сетевого планирования могут широко и успешно применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, которые требуют участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов.

Сетевое планирование – метод управления, который основывается на использовании математического аппарата теории графов и системного подхода

для отображения и алгоритмизации комплексов взаимосвязанных работ, действий или мероприятий для достижения четко поставленной цели [34, с.43].

Сетевое планирование позволяет определить, во-первых, какие работы или операции из числа многих, составляющих проект, являются "критическими" по своему влиянию на общую календарную продолжительность проекта и, во-вторых, каким образом построить наилучший план проведения всех работ по данному проекту с тем, чтобы выдержать заданные сроки при минимальных затратах.

Сетевое планирование основывается на разработанных практически одновременно и независимо методе критического пути CPM (Critical Path Method) и методе оценки и пересмотра планов PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Методы сетевого планирования применяются для оптимизации планирования и управления сложными разветвленными комплексами работ, требующими участия большого числа исполнителей и затрат ограниченных ресурсов [14, с.67].

Основная цель сетевого планирования - сокращение до минимума продолжительности проекта, в том числе оптимизация ресурсов.

Задача сетевого планирования состоит в том, чтобы графически, наглядно и системно отобразить и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, действий или мероприятий, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей. Для отображения и алгоритмизации тех или иных действий или ситуаций используются экономико-математические модели [31, с.87]. С помощью такой модели руководитель работ или операции имеет возможность системно и масштабно представлять весь ход работ или оперативных мероприятий, управлять процессом их осуществления, а также маневрировать ресурсами.

Важная особенность сетевого планирования и управления заключается в системном подходе к вопросам организации управления, согласно которому коллективы исполнителей, принимающие участие в комплексе работ и

объединенные общностью поставленных перед ними задач, несмотря на разную ведомственную подчиненность, рассматриваются как звенья единой сложной организационной системы.

Использование методов сетевого планирования способствует сокращению сроков создания новых объектов на 15-20%, обеспечению рационального использования трудовых ресурсов и техники [15, с.76].

В основе сетевого планирования лежит построение сетевых диаграмм. Сетевая диаграмма (сеть, граф сети, PERT-диаграмма) — графическое отображение работ проекта и зависимостей между ними. В сетевом планировании и управлении под термином «сеть» понимается полный комплекс работ и вех проекта с установленными между ними зависимостями [5, с.47].

Выделяют два типа сетевых диаграмм – сетевая модель типа «вершина-работа» и «вершина-событие» или «дуги-работы».

Сетевые диаграммы первого типа отображают сетевую модель в графическом виде как множество вершин, соответствующих работам, связанных линиями, представляющими взаимосвязи между работами. Так же этот тип диаграмм называют диаграммой предшествования—следования. Он является наиболее распространенным представлением сети (рис. 17).

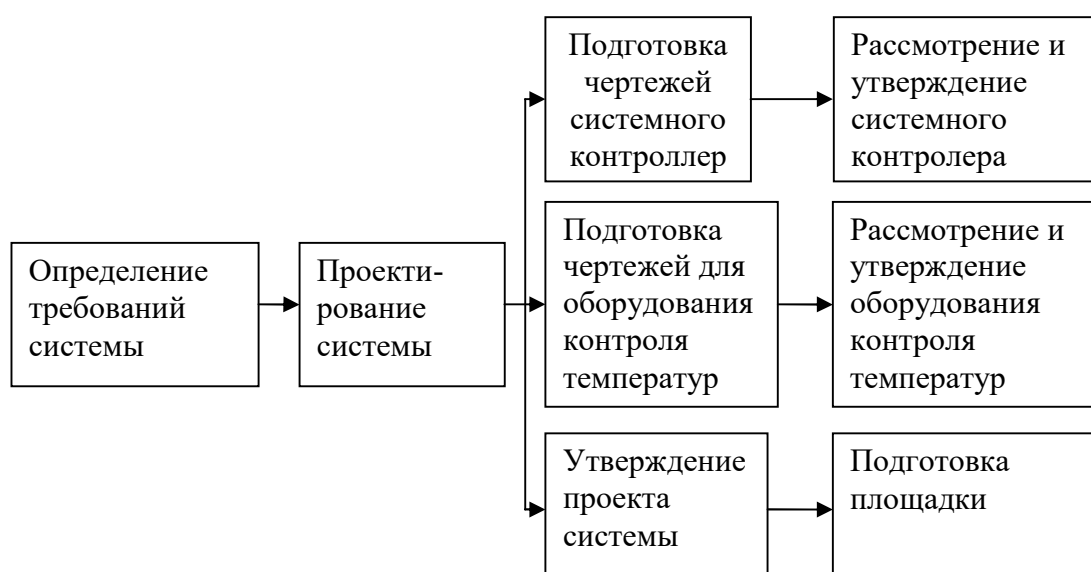


Рис. 17. Фрагмент сети «вершина-работа» (пример)

Другой тип сетевой диаграммы — сеть типа «вершина—событие», на практике используется реже. При данном подходе работа представляется в виде линии между двумя событиями (узлами графа), которые, в свою очередь, отображают начало и конец данной работы. PERT-диаграммы являются примерами этого типа диаграмм (рис. 18).

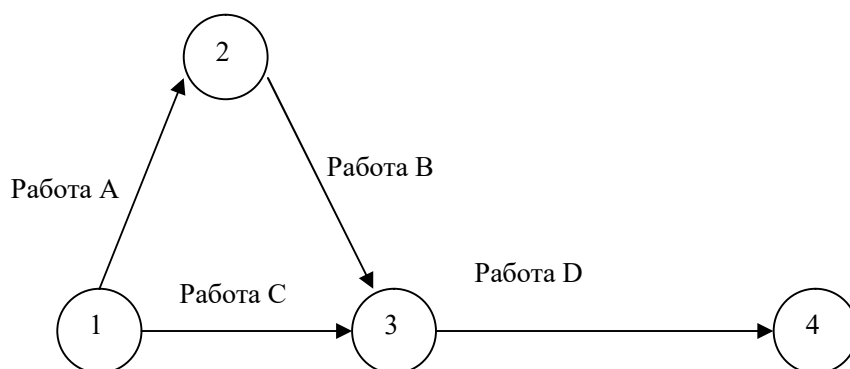


Рис. 18. Фрагмент сети «вершина-событие» (пример)

Важнейшими этапами сетевого планирования самых разнообразных производственных систем или иных экономических объектов являются следующие [31, с.101]:

- расчленение комплекса работ на отдельные части и их закрепление за ответственными исполнителями;
- выявление и описание каждым исполнителем всех событий и работ, необходимых для достижения поставленной цели;
- построение первичных сетевых графиков и уточнение содержания планируемых работ;
- сшивание частных сетей и построение сводного сетевого графика выполнения комплекса работ;
- обоснование или уточнение времени выполнения каждой работы в сетевом графике.

## **4.2. Основные понятия и виды моделей сетевого планирования и управления комплексом работ**

Следует выделить следующие понятия, необходимые для сетевого планирования ссылка.

Работа— производственный процесс, требующий затрат времени и материальных ресурсов и приводящий к достижению определенных результатов. Основными являются два типа работ:

- работа с фиксированной продолжительностью имеет определенную длительность, которая не зависит от количества назначенных ей ресурсов: нельзя ускорить выполнение работы, назначив, например, вдвое больше исполнителей, поскольку существуют факторы, влияющие на длительность работы, но не зависящие от количества исполнителей;

- работа с фиксированным объемом имеет длительность, зависящую от количества назначенных исполнителей (ресурсов). Таким образом, для работ, продолжительность которых зависит от количества доступных ресурсов, возможен вариант непосредственного расчета длительности исходя из информации о требуемых объемах работ (например, в человеко-днях) и количестве доступных ресурсов. В этом случае увеличение числа исполнителей приведет к сокращению времени выполнения работы.

Событие — это факт окончания одной или нескольких работ, необходимых и достаточных для начала следующих работ. События устанавливают технологическую и организационную последовательность работ. События ограничивают рассматриваемую работу и по отношению к ней могут быть начальными и конечными. Начальное событие определяет начало работы и является конечным для предшествующих работ. Исходным считается событие, которое не имеет предшествующих работ в рамках рассматриваемого сетевого графика. Завершающее – событие, которое не имеет последующих работ в рамках рассматриваемого сетевого графика. Граничное событие -

событие, являющееся общим для двух или нескольких первичных или частных сетей [23, с.78].

Путь - это любая последовательность работ в сети, в которой конечное событие каждой работы этой последовательности совпадает с начальным событием следующей за ней работы. Путь от «исходного» до завершающего события называется полным. Путь от «исходного» до данного промежуточного события называется путем, предшествующим этому событию. Путь, соединяющий какие-либо два события, из которых ни одно не является исходным или завершающим, называется путем между этими событиями.

Для сетевой модели типа «работы-вершины» используются такие обозначения, как веха – некое ключевое событие, обозначающее окончание одного этапа и начало другого; дуга – связь между работами.

Различают различные типы связей в сетевой модели:

- начальные работы;
- конечные работы;
- последовательные работы;
- работы (операции) дробления;
- работы (операции) слияния;
- параллельные работы.

Модели, в которых взаимная последовательность и продолжительности работ заданы однозначно, называются детерминированными сетевыми моделями. К наиболее популярным детерминированным моделям относятся метод построения диаграмм Ганта и метод критического пути (СРМ).

Если о продолжительности каких-то работ заранее нельзя задать однозначно или если могут возникнуть ситуации, при которых изменяется запланированная заранее последовательность выполнения задач проекта, например, существует зависимость от погодных условий, ненадежных поставщиков или результатов научных экспериментов, детерминированные модели неприменимы. Чаще всего такие ситуации возникают при планировании строительных, сельскохозяйственных или научно-

исследовательских работ. В этом случае используются вероятностные модели, которые делятся на два типа [42, с.125]:

- не альтернативные – если зафиксирована последовательность выполнения работ, а продолжительность всех или некоторых работ характеризуется функциями распределения вероятности;
- альтернативные – продолжительности всех или некоторых работ и связи между работами носят вероятностный характер.

К наиболее распространенным методам вероятностного сетевого планирования относятся:

- метод оценки и анализа программ (PERT);
- метод имитационного моделирования или метод Монте-Карло;
- метод графической оценки и анализа программ (GERT).

Первый этап широкого использования сетевого планирования был связан с появлением диаграмм Ганта. Диаграмма Ганта это удобный инструмент для организации, планирования и управления ходом выполнения самых разнообразных процессов. Диаграмма Ганта представляет собой горизонтальную линейную диаграмму, на которой задачи проекта представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания, задержками и, возможно, другими временными параметрами [20, с.96].

В левой части проект представлен в виде списка задач (работ, операции) проекта в табличном виде с указанием названия задачи и длительности ее выполнения, а часто и работ, предшествующих той или иной задаче. В правой части каждая задача проекта, а точнее длительность ее выполнения, отображается графически, обычно в виде отрезка определенной длины с учетом логики выполнения задач проекта (рис. 19).

Метод критического пути (СРМ) позволяет рассчитать возможные календарные графики выполнения комплекса работ на основе описанной логической структуры сети и оценок продолжительности выполнения каждой работы, определить критический путь для проекта в целом. Информация,

полученная в результате вычислений по МКП, может быть представлена либо в табличной форме (рис.20), либо в виде календарно-сетевого графика.



Рис. 19. Диаграмма Ганта [19, с.73]

В качестве расписания работ график Ганта вполне пригоден, но когда возникает необходимость изменения структуры работ, приходится все работы пересматривать заново, учитывая все многообразие возможных технологических связей между ними. И чем сложнее работы, тем сложнее использовать график Ганта. Тем не менее, даже после появления сетевых моделей график Ганта продолжает использоваться как средство представления временных аспектов работ на конечных стадиях календарного планирования, когда продолжительность проекта оптимизирована с помощью сетевых моделей.

| Работа | Описание работы                               | Продолжительность | Раннее начало | Раннее окончание | Позднее начало | Позднее окончание | Полный резерв |
|--------|-----------------------------------------------|-------------------|---------------|------------------|----------------|-------------------|---------------|
| BA710  | Возведение каркаса                            | 20                | 28 дек.       | 25 янв.          | 28 дек.        | 25 янв.           | 0             |
| AS107  | Установка системы и компонент                 | 30                | 21 янв.       | 04 мар.          | 21 янв.        | 04 мар.           | 0             |
| BA712  | Настилка полов                                | 14                | 26 янв.       | 14 фев.          | 26 янв.        | 14 фев.           | 0             |
| BA730  | Бетонирование первого и второго этажей        | 15                | 15 фев.       | 08 мар.          | 15 фев.        | 08 мар.           | 0             |
| BA810  | Установка механического и электрооборудования | 15                | 25 фев.       | 17 мар.          | 12 апр.        | 02 май            | 32            |
| AS109  | Тестирование и отладка линии А                | 24                | 07 мар.       | 07 апр.          | 07 мар.        | 07 апр.           | 0             |
| AS110  | Тестирование отладка линии Б                  | 24                | 07 мар.       | 07 апр.          | 07 мар.        | 07 апр.           | 0             |
| AS270  | Налаживание роботизированного пути линии Б    | 24                | 07 мар.       | 07 апр.          | 07 мар.        | 07 апр.           | 0             |
| AS 108 | Установка системного контроллера              | 16                | 07 мар.       | 28 мар.          | 21 мар.        | 11 апр.           | 10            |
| BA720  | Возведение стен эскалатора                    | 10                | 09 мар.       | 22 мар.          | 09 мар.        | 22 мар.           | 0             |
| BA731  | Бетонная плита основания                      | 10                | 09 мар.       | 22 мар.          | 09 мар.        | 22 мар.           | 0             |
| AS250  | Строительство железнодорожных сообщений       | 20                | 14 мар.       | 08 мар.          | 28 мар.        | 22 апр.           | 10            |
| BA820  | Установка HVAC дымоходов                      | 10                | 18 мар.       | 31 мар.          | 03 май         | 16 май            | 32            |
| AS260  | Налаживание роботизированных путей линии А    | 15                | 22 мар.       | 07 апр.          | 22 мар.        | 07 апр.           | 0             |
| BA750  | Возведение внешних стен                       | 28                | 23 мар.       | 29 апр.          | 23 мар.        | 29 апр.           | 0             |

Рис.20. Представление расчета по СРМ [12, с.76]

#### **4.3. Возможности и ограничения используемого метода критического пути (CPM) при планировании и управлении комплексом работ проекта**

Остановимся подробнее на методе CPM, поскольку подход, предлагаемый CPM, в настоящее время широко распространен, однако она имеет свои недостатки. Оптимизации методом CPM поддаются только сравнительно легко понятные проекты, в которых не трудно спрогнозировать время выполнения действия. Главным недостатком данного метода является отсутствие в нем сценариев типа «а что, если». Поэтому при разработке или конструировании различных систем (когда одна из интеллектуальных задач может быть не решаемая достаточно долгое время) CPM применим лишь условно [51, с.115]. Концепция критического пути обеспечивает концентрацию внимания менеджера на плановые даты начала и окончания задач проекта, длительности задач, расчетные стоимости задач.

В основе метода лежит определение наиболее длительной последовательности задач от начала проекта до его окончания с учетом их взаимосвязи. Задачи, лежащие на критическом пути (критические задачи), имеют нулевой резерв времени выполнения и в случае изменения их длительности изменяются сроки всего проекта. В связи с этим при выполнении проекта критические задачи требуют более тщательного контроля, в частности, своевременного выявления проблем и рисков, влияющих на сроки их выполнения и, следовательно, на сроки выполнения проекта в целом. В процессе выполнения проекта критический путь проекта может меняться, так как при изменении длительности задач некоторые из них могут оказаться на критическом пути.

Метод критического пути исходит из того, что длительность операций можно оценить с достаточно высокой степенью точности и определенности.

Основным достоинством метода критического пути является возможность манипулирования сроками выполнения задач, не лежащих на

критическом пути, привлечению дополнительных ресурсов к выполнению работ, лежащих на критическом пути.

Календарное планирование по СРМ требует определенных входных данных:

- набор работ;
- зависимости между работами;
- оценки продолжительности каждой работы;
- календарь рабочего времени проекта (в наиболее общем случае возможно задание собственного календаря для каждой работы);
- календари ресурсов;
- ограничения на сроки начала и окончания отдельных работ или этапов;
- календарная дата начала проекта.

Любое изменение даты начала проекта повлечет пересчет сроков выполнения каждой работы. Для процессов детального планирования даты начала под проектов или пакетов работ определяются на основании укрупненных планов. При наличии входных данных производится процедура расчета расписания вперед и назад и вычисляется выходная информация.

Расчет расписания вперед начинается с работ, не имеющих предшественников. В его ходе определяются ранние даты работ, под которыми понимаются наиболее ранние возможные сроки начала и окончания работ при условии, что предыдущие работы завершены:

$$\text{Раннее начало} + \text{Продолжительность работ} - 1 = \text{Раннее окончание}.$$

Расчет расписания назад начинается с работ, не имеющих последователей. В его ходе определяются поздние даты работ, под которыми понимаются наиболее поздние возможные сроки начала и окончания работ при условии, что дата завершения проекта не будет задержана:

$$\text{Позднее окончание} - \text{Длительность} + 1 = \text{Позднее начало}.$$

На основании рассчитанных ранних и поздних дат начала работ определяются величины временных резервов для каждой работы. Резерв - это разность между самым ранним возможным сроком завершения операции и

самым поздним допустимым временем её выполнения. Резерв времени имеется только в тех операциях, которые не лежат на критическом пути. Полный резерв является наиболее значимым из всех резервов. Он представляет собой время, на которое может быть задержана дата завершения работы без задержки планового срока завершения проекта. Свободный резерв показывает время, на которое может быть задержано выполнение работы без ущерба для полного резерва последующих работ сети (без задержки их раннего начала).

Критический путь в проекте - это самая длительная по срокам последовательная цепочка операций. Длина критического пути определяет продолжительность работ по проекту. Любые задержки на критическом пути ведут к увеличению сроков завершения работ. Для сокращения продолжительности работ по проекту необходимо сокращать длину критического пути. Операция  $(i, j)$  принадлежит критическому пути, если она удовлетворяет следующим трем условиям:

1.  $E(i)=L(i)$
2.  $E(j)=L(j)$
3.  $E(j)-E(i)=L(j)-L(i)=D_{ij}$

где  $E(i)$  - ранние сроки начала всех операций, выходящих из события  $i$ ,  $L(i)$  - поздние сроки окончания всех операций, входящих в событие  $i$ ,  $D_{ij}$  - продолжительность операции, соединяющей  $i$ -тое и  $j$ -тое события.

По существу, эти условия означают, что между ранним сроком: начала (окончания) и поздним сроком начала (окончания) критической операции запас времени отсутствует.

Результаты вычислений по СРМ позволяют получить:

- общую продолжительность проекта и календарную дату его окончания. Для выявления командой приемлемых результатов с точки зрения целей возможно проведение дальнейших исследований по сценарию «что, если»;
- работы, лежащие на критическом пути. Любая задержка таких работ приведет к задержке даты завершения проекта. Все критические работы имеют

резерв времени, в общем случае равный нулю, что означает, что их ранние и поздние сроки выполнения совпадают;

- ранние и поздние календарные даты начала и окончания каждой работы.

Таким образом, анализ по методу критического пути представляет собой эффективный метод оценки:

- задач, которые необходимо решить;
- возможности параллельного выполнения работ;
- наименьшего времени выполнения проекта;
- производственных ресурсов, необходимых для выполнения проекта;
- последовательности выполнения работ, включая составление графиков и определение продолжительности выполнения работ;
- очередность решения задач;
- наиболее эффективного способа сокращения продолжительности выполнения проекта в случае его срочности.

Эффективность анализа по методу критического пути может повлиять на результат проекта, будет он успешным или неудачным. Также анализ может быть очень полезен для оценки важности проблемы, с которой можно столкнуться в ходе внедрения плана.

Расчет по СРМ и анализ календарного графика работ с использованием компьютерных средств можно проводить по мере необходимости, всякий раз, когда проводится обновление информации или изменяются внешние условия по проекту. Информация, полученная в результате вычислений СРМ, может быть представлена либо в табличной форме, либо в виде календарно-сетевого графика. Такой формат отчета по планированию графика работ дает возможность быстрого просмотра основных результатов анализа по СРМ.

Эффективно использовать методы сетевого планирования в целом и метод СРМ, в частности, на практике позволяют специализированные программные продукты: известные зарубежные пакеты MicrosoftProject, OpenPlan, Suretrak, PrimaveraProjectPlanner и Российский пакет SpiderProject.

Таким образом, предложенный подход к системному планированию комплекса работы позволяет выявлять и мобилизовать резервы времени и материальные ресурсы, скрытые в рациональной организации социально-экономических процессов; осуществление управления проектом с постоянной концентрацией внимания на решении главных, наиболее значимых задач; прогнозирование и предупреждение возможных сбоев в ходе проекта; повышение эффективности управления в целом при четком распределении ответственности между исполнителями и руководителями разных уровней.

Основным плановым документом в этой системе является сетевой график, в котором отражаются все логические взаимосвязи и результаты выполняемых работ, необходимых для успешной реализации проекта. В сетевом графике с необходимой степенью детализации изображается, какие работы, в какой последовательности и за какое время предстоит выполнить, чтобы обеспечить окончание всех видов деятельности не позже заданного или планируемого периода.

## **5. Экономическая эффективность системного планирования комплекса работ в процессе управления проектами предприятия**

В рамках предлагаемого подхода к системному планированию комплекса работ, рассмотрим прикладные особенности реализации метода критического пути на примере крупного инвестиционного проекта на ОАО «Казанский хлебозавод №2».

Для того чтобы усилить свои позиции на рынке хлебобулочных изделий, на предприятии было принято решение в 2009 году о реализации модернизационного проекта. Суть проекта заключалась в наращивании производственных мощностей, расширении производства слоеных изделий, усиление рыночных позиций предприятия и увеличение товарооборота.

В 2000 году был введен участок по производству изделий из слоеного теста, на котором установлено швейцарское оборудование. Этот участок только частично покрывал спрос на слоеные изделия, что привело к необходимости строительства нового цеха, где процесс производства был бы полностью автоматизирован. Для этого предполагалось произвести подготовку, ремонт помещения, приобретение новой высокопроизводительной автоматизированной линии по производству слоеных изделий, с целью повышения объемов выпуска продукции и последующей реализации, расширения ассортимента и повышения качества слоеных изделий. Проект был рассчитан на усиление позиций ОАО «Казанский хлебозавод №2» на внутреннем рынке хлебобулочной и кондитерской продукции, повышение рентабельности производства, повышение производительности труда за счет использования современного оборудования и усовершенствованных технологических процессов. Для реализации готовой продукции было принято решение использовать как уже наработанные каналы сбыта, так и заключать новые договора. Основными каналами сбыта данной продукции выступают торговые сети Республики Татарстан и Российской Федерации, а также и другие мелкорозничные магазины по Республике Татарстан.

Договор о поставке оборудования был заключен руководством завода в Германии на ярмарке по пищевому технологическому оборудованию с немецкой фирмой. При выборе оборудования у поставщика определяющими критериями были разумное сочетание цены, качества, безопасности и экологичности оборудования. В период закупки, поставки и растаможки оборудования на предприятии была сформирована команда специалистов для реализации данного проекта.

Описание проекта. Технологический цикл рассчитан на круглосуточную и круглогодичную эксплуатацию оборудования, с плановыми остановками на проведение профилактических и планово-ремонтных работ. Производственный процесс включает в себя целый комплекс производственных операций, в основе которых лежит цеховая структура производства. Работа в новом производстве организована в две смены по 11 часов при семидневной рабочей неделе.

Технологический процесс производства изделий слоеных фигурных состоит из следующих стадий:

1. подготовка сырья к пуску в производство;
2. замес теста;
3. слоение теста;
4. разделка теста (формование);
5. выпечка
6. упаковка

Данное оборудование позволяет производить до 8 тонн продукции в сутки. Предполагаемый объем выпуска продукции за 3 года - 6715 тонн. Выручка от реализации продукции за 3 года – 535 млн. руб. Реализация данного проекта осуществлялась с помощью собственных и заемных средств. Общая стоимость проекта составила 70 млн. руб. Описание устава проекта приведено в приложении 2.

Команда, которая была сформирована на предприятии ОАО «Казанский хлебозавод №2», состояла из 14 человек, из них 10 человек – это представители предприятия и 4 человека – это представители немецкой фирмы поставщика

оборудования технологической линии по производству слоеных изделий. Учитывая опыт реализации предыдущих проектов, важнейшим решением было назначение руководителем проекта главного инженера – опытного сотрудника (стаж работы на предприятии в руководящей должности составлял 10 лет, имел хорошее техническое образование, знание особенностей пищевого производства, участвовал в переговорах по закупке технологического оборудования). Проектированием нового цеха занимались на предприятии самостоятельно, без приглашения сторонних организаций, так как на предприятии имелся свой уникальный специалист-проектировщик по пищевому производству. В целом, команда состояла из специалистов различного профиля, что позволяло ей решать вопросы во всех направлениях деятельности.

Применение подхода планирования и управления комплексом работ по проекту на основе метода критического пути для разработки календарного графика работ по проекту предусматривает выполнение четырех этапов[60]. Схематично этапы представлены на рисунке 21.



Рис. 21. Алгоритм системного планирования комплекса работ по проекту

Первый этап заключается в определении целей и ограничений проекта. Цели и ограничения проекта обычно связаны с тремя сторонами реализации проекта (продолжительностью, стоимостью и качеством), наличием производственных ресурсов (таких, как рабочая сила и оборудование), а также другими особыми моментами.

Второй этап заключается в определении работ, входящих в проект, и расчете длительности каждой работы или операции.

Третий этап включает анализ отношений очередности операций и составление сетевого графика, отражающего эти отношения. Некоторые операции должны производиться в определенной последовательности, некоторые же можно выполнять параллельно. Отношения очередности в основном определяются техническими причинами. Вместе с тем, в ряде случаев отношения очередности подчиняются принципу предпочтительности с учетом качества, эффективности, либо требований техники безопасности.

Сетевой план, в котором должны содержаться «вехи» фазовой модели, показывает зависимость отдельных работ друг от друга, позволяет произвести определение самых ранних и поздних сроков начала и окончания отдельных работ, а также резервы времени.

Четвертый этап предусматривает построение календарного сетевого графика на основе оценок продолжительности операций и критериев эффективности реализации проекта.

Полное календарное планирование всех операций проекта рассчитаем с использованием программного продукта MicrosoftProject Server, возможности которого позволят [13, с.7]:

- составить план производства работ, включающий сроки исполнения работ, потребность в ресурсах (людях, механизмах, материалах), необходимые затраты денежных средств;
- рассчитать бюджет проекта и распределение запланированных затрат во времени;

- рассчитать распределение во времени потребностей проекта в основных материалах и оборудовании;
- определить оптимальный состав ресурсов (людей и механизмов) проекта и распределение во времени их плановой загрузки и количественного состава;
- разработать оптимальную схему финансирования работ, поставок материалов и оборудования;
- проанализировать риски и определить необходимые резервы для надежной реализации проекта;
- обеспечить информационную и аналитическую поддержку для эффективного взаимодействия подразделений организации и других участников проекта;
- эффективно контролировать исполнение составленного плана;
- анализировать отклонения фактического хода выполнения работ от запланированного, своевременно и обоснованно корректировать плановые показатели;
- моделировать любые решения, например, о замене одних механизмов на другие, изменение схемы финансирования, изменение схемы поставок ключевого оборудования и др., а также анализировать их последствия для проекта на модели и принимать обоснованные управленческие решения;
- вести архивы проектов и анализировать опыт их реализации, который может быть использован в других проектах, и многое другое.

Планирование начинается с определения проекта, то есть описания его ключевых характеристик. Затем составляется список фаз и задач и список необходимых для их выполнения ресурсов. После этого в план вносятся дополнительная информация о задачах и ресурсах, которая будет использоваться при определении назначений и в дальнейшем при проведении работ по плану (отслеживании плана). Наконец, осуществляются назначения, после чего проект оптимизируется, если длительность или бюджет оказываются больше ожидаемых (рис. 22).

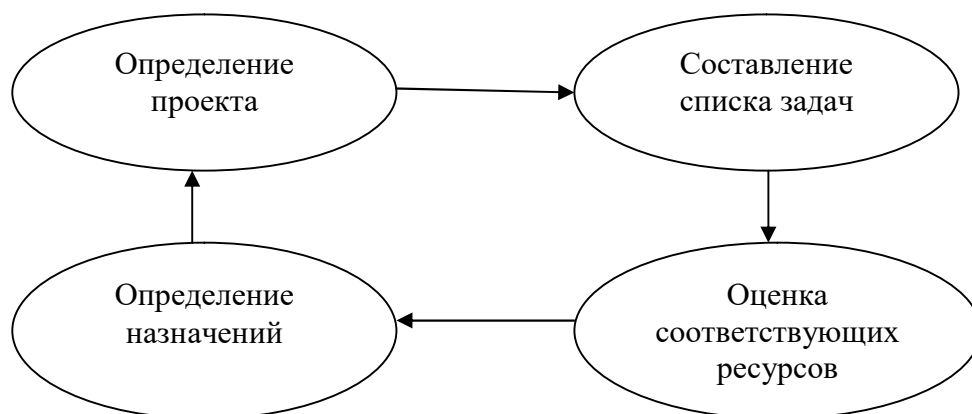


Рис. 22. Основные содержательные элементы фаз проекта

Выделим ключевые фазы рассматриваемого проекта ОАО «Казанского хлебозавода №2»:

- 1) Создание бизнес-плана. На данном этапе разрабатывался и согласовывался бизнес-план проекта с выделением производственного и маркетингового плана, а также анализом источников финансирования и рисков проекта.
- 2) Получение кредитных средств. Данный этап предполагает выбор банка-кредитора, выбор кредитной программы, проходила подготовка документов для получения кредита, подписание кредитных договоров и перечисление кредитных средств на расчетный счет предприятия.
- 3) Поиск и заключение контракта с производителями оборудования. На данном этапе происходит поиск и выбор производителей оборудования, а также заключение контракта на поставку и монтаж автоматизированной промышленной линии. Знакомство с иностранными фирмами-производителями произошло на выставке пищевого оборудования в Германии.
- 4) Строительство помещения цеха. На данном этапе создается проект помещения, проводятся проектировочные и проверочные конструкторские расчеты, демонтажные работы. Затем выполняются строительные работы (бетонирование полов, укладывание плитки,

монтаж металлоконструкций, наружных стен из сэндвич-панелей и отделочные работы внутри помещения).

- 5) Проектирование и монтаж коммуникационных систем. Данный этап включает: монтаж систем водоснабжения, канализации и отопления, систем приточно-вытяжной вентиляции, систем кондиционирования в производственном корпусе и тестомесильном отделении, систем подачи муки, систем газоснабжения, систем пожарной сигнализации и оповещения, а также электромонтажные работы.
- 6) Подготовка основного производства. На данном этапе осуществляется приобретение, установка и монтаж холодильного, тестомесильного, упаковочного, бытового и сантехнического оборудования, ротационных печей, а также приобретение и установка лабораторного оборудования и оргтехники.
- 7) Поставка промышленной автоматизированной линии. Данный этап включает тестирование поставляемого оборудования (в Германии), затем доставку промышленной линии (в городе Казань) и осуществление шеф-монтажных работ.
- 8) Запуск автоматизированной промышленной линии и отработка технологии. На данном этапе происходит отработка технологии изготовления изделий на новой линии, выпуск пробной партии проекта. Завершается подписанием актов приема-передачи

Комплексное планирование проекта в MSProject предполагает выполнение следующих действий. В программе MSProject в параметрах задается пятидневный рабочий график. Устанавливается дата начала проекта. Все простые работы изначально считаем последовательными. Определив длительность каждой задачи, получаем, что длительность данного проекта составит 1289 рабочих дней, т.е. почти 5 лет (рис. 23).

|    |  | Режим задачи | Название задачи                                               | Длительно      | Предшественники | Начало             | Окончание          |
|----|--|--------------|---------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| 0  |  |              | <b>Создание нового производства</b>                           | <b>1289 дн</b> |                 | <b>Пт 01.05.09</b> | <b>Ср 09.04.14</b> |
| 1  |  |              | Назначение РП                                                 | 1 дн           |                 | Пт 01.05.09        | Пт 01.05.09        |
| 2  |  |              | + Создание бизнес-плана                                       | 21 дн          | 1               | Пн 04.05.09        | Пн 01.06.09        |
| 5  |  |              | + Получение кредитных средств                                 | 26 дн          | 2               | Вт 02.06.09        | Вт 07.07.09        |
| 11 |  |              | + Поиск и заключение контракта с производителями оборудования | 59 дн          | 5               | Ср 08.07.09        | Пн 28.09.09        |
| 15 |  |              | + Строительная часть                                          | 345 дн         | 11              | Вт 29.09.09        | Пн 24.01.11        |
| 24 |  |              | + Проектирование и монтаж коммуникационных систем             | 354 дн         | 15              | Вт 25.01.11        | Пт 01.06.12        |
| 32 |  |              | + Подготовка основного производства                           | 368 дн         | 24              | Пн 04.06.12        | Ср 30.10.13        |
| 40 |  |              | + Поставка промышленной линии фирмы FRITSCH                   | 105 дн         | 32              | Чт 31.10.13        | Ср 26.03.14        |
| 44 |  |              | + Запуск линии и отработка технологии                         | 10 дн          | 40              | Чт 27.03.14        | Ср 09.04.14        |

Рис.23. Фрагмент комплексного планирования длительность проекта в MicrosoftProject

Наиболее длительными являются следующие фазы проекта: строительная часть, проектирование и монтаж коммуникационных систем, подготовка основного производства.

Произведем оптимизацию плана проекта путем параллельного выполнения некоторых операций. Для указанных задач следует изменить тип связи между ними, тем самым сократив длительность выполнения проекта.

В Microsoft Project определены 4 типа связей [30, с.2]:

- окончание-начало (ОН). При этом типе связи работа не может начаться пока не закончена предшествующая, то есть работы идут последовательно.
- начало-начало (НН). При этом типе связи работа не может начаться, пока не началась другая, связанная с ней, то есть работы идут параллельно.
- окончание-окончание (ОО). При этом типе связи работа не может закончиться, пока не закончена другая, связанная с ней.
- начало-окончание (НО). При этом типе связи работа не может закончиться, пока не началась другая, связанная с ней.

Поиск производителей оборудования можно начать после выбора банка и кредитной программы для реализации проекта. Создание проекта помещения следует на 3 дня позже начала задачи «заключение контракта на поставку и монтаж промышленной линии фирмы», так как к этому времени будут известны параметры оборудования. Проектировочные и проверочные конструкторские расчеты должны быть закончены одновременно с созданием проекта помещения.

Демонтажные работы, длительностью 60 рабочих дней, и заливка фундамента, длительностью 30 дней, начинаются одновременно. Такие задачи как, бетонирование полов, монтаж металлоконструкции, монтаж систем водоснабжения, канализации и отопления, электромонтажные работы, монтаж системы приточно-вытяжной вентиляции, выполняются параллельно и сразу же после заливки фундамента. После окончания бетонирования полов следует приступить к монтажу наружных стен из сэндвич-панелей и отделочные работы внутри помещения. Длительность отделочных работ составляет 100 рабочих дней (рис. 24).

|    |  | Режим задачи                                                                        | Название задачи                                                                                        | Длительно | Предшественники | Начало      | Окончание   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|
| 15 |  |  |  Строительная часть | 234 дн    |                 | Пт 24.07.09 | Ср 16.06.10 |
| 16 |                                                                                     |  | Создание проекта помещения                                                                             | 54 дн     | 14НН+3 дн       | Пт 24.07.09 | Ср 07.10.09 |
| 17 |                                                                                     |  | Проектировочные и проверочные конструкторские расчеты                                                  | 11 дн     | 16ОО            | Ср 23.09.09 | Ср 07.10.09 |
| 18 |                                                                                     |  | Демонтажные работы                                                                                     | 60 дн     | 17              | Чт 08.10.09 | Ср 30.12.09 |
| 19 |                                                                                     |  | Монтаж заливка фундамента                                                                              | 30 дн     | 18НН            | Чт 08.10.09 | Ср 18.11.09 |
| 20 |                                                                                     |  | Бетонирование полов, укладка плитки                                                                    | 40 дн     | 19              | Чт 19.11.09 | Ср 13.01.10 |
| 21 |                                                                                     |  | Монтаж металлоконструкций                                                                              | 40 дн     | 19              | Чт 19.11.09 | Ср 13.01.10 |
| 22 |                                                                                     |  | Монтаж наружных стен из сэндвич-панелей                                                                | 10 дн     | 21              | Чт 14.01.10 | Ср 27.01.10 |
| 23 |                                                                                     |  | Отделочные работы внутри помещения                                                                     | 100 дн    | 22              | Чт 28.01.10 | Ср 16.06.10 |

Рис.24. Строительная часть (MicrosoftProject)

Монтаж системы кондиционирования в производственном корпусе и тестомесильном отделении, системы подачи муки, системы газоснабжения и системы пожарной сигнализации и оповещения идут параллельно и начинаются

после завершения монтажа наружных стен из сэндвич-панелей. Когда отделочные работы почти заканчиваются, можно приступать к подготовке основного производства. Производится заказ холодильного, тестомесильного, упаковочного, складского и лабораторного оборудования, его изготовление, доставка и монтаж. А также приобретение и установка бытового и сантехнического оборудования, ротационных печей и орг. техники. Все перечисленные работы выполняются параллельно и должны быть завершены к 1 сентября (рис. 25).

|                                                                                   |                                                                                     |                                                       |        |           |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------|-----------|-------------|-------------|
|  |    | Подготовка основного производства                     | 130 дн |           | Чт 04.03.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |    | Приобретение и монтаж холодильного оборудования       | 50 дн  | 23ОН+5 дн | Чт 24.06.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |    | Приобретение и монтаж тестомесильного оборудования    | 130 дн | 33ОО      | Чт 04.03.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |    | Приобретение и монтаж упаковочного оборудования       | 70 дн  | 33ОО      | Чт 27.05.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |  | Приобретение орг.техники и лабораторного оборудования | 15 дн  | 33ОО      | Чт 12.08.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |  | Приобретение и монтаж складского оборудования         | 30 дн  | 33ОО      | Чт 22.07.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |  | Приобретение и монтаж ротационных печей               | 45 дн  | 33ОО      | Чт 01.07.10 | Ср 01.09.10 |
|                                                                                   |  | Приобретение бытового и сантехнического оборудования  | 28 дн  | 33ОО      | Пн 26.07.10 | Ср 01.09.10 |

Рис.25. Подготовка основного производства (MicrosoftProject)

В июне месяце происходит тестирование промышленной линии в Германии при участии сотрудников ОАО «Казанский хлебозавод №2». Далее оборудование поставляется в г. Казань в течение 65 рабочих дней. Затем последовательно производятся шеф-монтажные работы, отработка технологии изготовления изделий на новой линии, выпуск пробной партии (рис. 26).

|  |  |                                                          |               |            |                    |                    |
|--|--|----------------------------------------------------------|---------------|------------|--------------------|--------------------|
|  |  | <b>Поставка промышленной линии фирмы</b>                 | <b>105 дн</b> |            | <b>Ср 02.06.10</b> | <b>Вт 26.10.10</b> |
|  |  | Тестирование промышленной линии в Германии               | 10 дн         | 23ОН-11 дн | Ср 02.06.10        | Вт 15.06.10        |
|  |  | Поставка промышленной линии фирмы в Казань               | 65 дн         | 41         | Ср 16.06.10        | Вт 14.09.10        |
|  |  | Шеф-монтажные работы                                     | 30 дн         | 42         | Ср 15.09.10        | Вт 26.10.10        |
|  |  | <b>Запуск линии и отработка технологии</b>               | <b>11 дн</b>  |            | <b>Ср 27.10.10</b> | <b>Ср 10.11.10</b> |
|  |  | Отработка технологии изготовления изделий на новой линии | 10 дн         | 43         | Ср 27.10.10        | Вт 09.11.10        |
|  |  | Выпуск пробной партии                                    | 1 дн          | 45         | Ср 10.11.10        | Ср 10.11.10        |
|  |  | Подписан акта приема-передачи линии                      | 0 дн          | 46         | Ср 10.11.10        | Ср 10.11.10        |

Рис. 26. Поставка промышленной линии фирмы, запуск линии и отработка технологии (MicrosoftProject)

Таким образом, критический путь после оптимизации образуют следующие работы: разработка бизнес-плана проекта, согласование бизнес-плана проекта, выбор банка и кредитной программы для реализации проекта, поиск производителей оборудования, проведение рабочего совещание по выбору производителя оборудования, заключение контракта на поставку и монтаж промышленной линии, создание проекта помещения, проектировочные и проверочные конструкторские расчеты, демонтажные работы, монтаж и заливка фундамента, монтаж металлоконструкций, монтаж наружных стен из сэндвич-панелей, отделочные работы внутри помещения, тестирование и поставка промышленной линии поставка промышленной линии, шеф-монтажные работы, отработка технологии изготовления изделий на новой линии, выпуск пробной партии.

После параллельного выполнения ряда работ, длительность данного проекта значительно сократилась. Она составляет 399 рабочих дней, т.е. почти 1,5 года (рис. 27).

|    |  | Режим задачи | Название задачи                                             | Длительно | Начало      | Окончание   |
|----|--|--------------|-------------------------------------------------------------|-----------|-------------|-------------|
| 0  |  |              | <b>Создание нового производства</b>                         | 399 дн    | Пт 01.05.09 | Ср 10.11.10 |
| 1  |  |              | Назначение РП                                               | 1 дн      | Пт 01.05.09 | Пт 01.05.09 |
| 2  |  |              | Создание бизнес-плана                                       | 21 дн     | Пт 01.05.09 | Пт 29.05.09 |
| 5  |  |              | Получение кредитных средств                                 | 26 дн     | Пн 01.06.09 | Пн 06.07.09 |
| 11 |  |              | Поиск и заключение контракта с производителями оборудования | 59 дн     | Пн 08.06.09 | Чт 27.08.09 |
| 15 |  |              | Строительная часть                                          | 234 дн    | Пт 24.07.09 | Ср 16.06.10 |
| 24 |  |              | Проектирование и монтаж коммуникационных систем             | 99 дн     | Чт 19.11.09 | Вт 06.04.10 |
| 32 |  |              | Подготовка основного производства                           | 130 дн    | Чт 04.03.10 | Ср 01.09.10 |
| 40 |  |              | Поставка промышленной линии фирмы                           | 105 дн    | Ср 02.06.10 | Вт 26.10.10 |
| 44 |  |              | Запуск линии и отработка технологии                         | 11 дн     | Ср 27.10.10 | Ср 10.11.10 |

Рис.27. Длительность проекта после оптимизации (MicrosoftProject)

Критические работы представлены на рисунке 28.

После того как определен состав задач, нужно определить, кто эти задачи будет исполнять и какое оборудование будет использоваться. Для этого нужно ввести в план проекта список ресурсов и информацию о них, а затем распределить эти ресурсы между задачами. MicrosoftProject поддерживает три типа ресурсов[52]:

- трудовые ресурсы – это возобновляемые ресурсы компании, которые включают людей, машин и оборудования необходимые для исполнения проекта;

- материальные ресурсы включают материалы необходимые для создания проекта. Также материальные ресурсы используются для моделирования поступления денег в проект, работы подрядчиков и мультивалютности проекта.

- затратные ресурсы необходимы для моделирования затрат связанных с той или иной задачей.

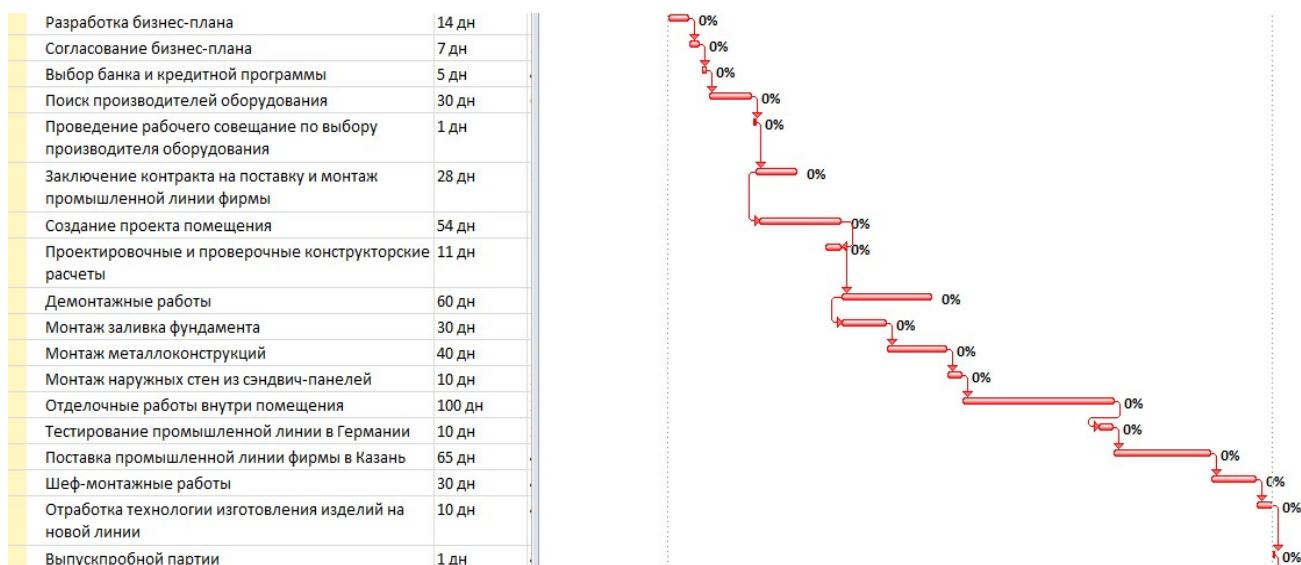


Рис. 28. Критические работы(MicrosoftProject)

Введем трудовые ресурсы, максимальное число доступных единиц ресурсов и часовую тарифную ставку (рис. 29).

| Название ресурса              | Тип      | Краткое название | Макс. единиц | Стандартная ставка |
|-------------------------------|----------|------------------|--------------|--------------------|
| Ген. директор                 | Трудовой | Г                | 100%         | 195,00/ч           |
| Главный инженер               | Трудовой | Г                | 100%         | 183,00/ч           |
| Главный бухгалтер             | Трудовой | Г                | 100%         | 183,00/ч           |
| Начальник планово-эк.отдела   | Трудовой | Н                | 100%         | 142,00/ч           |
| Коммерческий директор         | Трудовой | К                | 100%         | 183,00/ч           |
| Начальник лаборатории         | Трудовой | Н                | 100%         | 148,00/ч           |
| Начальник цеха                | Трудовой | Н                | 100%         | 125,00/ч           |
| Главный механик               | Трудовой | Г                | 100%         | 148,00/ч           |
| Главный энергетик             | Трудовой | Г                | 100%         | 148,00/ч           |
| Начальник строительной группы | Трудовой | Н                | 100%         | 135,00/ч           |
| Бухгалтер                     | Трудовой | Б                | 100%         | 100,00/ч           |
| Экономист                     | Трудовой | Э                | 100%         | 100,00/ч           |
| Механик                       | Трудовой | М                | 100%         | 100,00/ч           |

Рис. 29. Лист ресурсов (MicrosoftProject)

У тех задач, которые выполняются сотрудникам ОАО «Казанский хлебозавод №2», указываем трудозатраты согласно установленным нормативам исходя опыта реализации проектов на предприятии. Далее производится

назначение ресурсов задачам (рис. 30). Назначение ресурса осуществляется для каждой простой задачи.

| Режим задачи | Название задачи                             | Труд           | Названия ресурсов                                                                                                                      | Затраты           | Длительно     |
|--------------|---------------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|
|              | <b>Создание нового производства</b>         | <b>2 045 ч</b> |                                                                                                                                        | <b>237 180,58</b> | <b>399 дн</b> |
|              | Назначение РП                               | 3 ч            | Ген. директор[38%];Главный инженер                                                                                                     | 567,00            | 1 дн          |
|              | <b>Создание бизнес-плана</b>                | <b>24 ч</b>    |                                                                                                                                        | <b>3 866,48</b>   | <b>21 дн</b>  |
|              | Разработка бизнес-плана                     | 12 ч           | Главный инженер[8%];Бухгалтер[7%];Главный бухгалтер[3%];Коммерческий директор[10%];Начальник планово-эк.отдела[5%];Главный механик[5%] | 1 751,42          | 14 дн         |
|              | Согласование бизнес-плана                   | 12 ч           | Главный бухгалтер[7%];Ген. директор[7%];Коммерческий                                                                                   | 2 115,06          | 7 дн          |
|              | <b>Получение кредитных средств</b>          | <b>120 ч</b>   |                                                                                                                                        | <b>15 750,00</b>  | <b>26 дн</b>  |
|              | Выбор банка и кредитной программы           | 80 ч           | Бухгалтер;Главный бухгалтер;Начальник                                                                                                  | 10 500,00         | 5 дн          |
|              | Подготовка документов для получения кредита | 40 ч           | Бухгалтер[71%];Главный бухгалтер[71%];Начальник                                                                                        | 5 250,00          | 7 дн          |

Рис.30. Назначение ресурсов задачам (MicrosoftProject)

Задачи в плане проекта могут быть трех типов: «Фиксированная длительность», «Фиксированные трудозатраты» или «Фиксированный объем ресурсов» [55].

Установим тип «Фиксированные трудозатраты», который используется в плане проекта для обозначения задач, для выполнения которых нужны определенные трудозатраты. Длительность исполнения таких задач напрямую зависит от числа выделенных на исполнение сотрудников. Чем больше сотрудников, тем меньший объем работы приходится на каждого из них и тем быстрее задача будет выполнена.

Для сокращения длительности критических задач в проекте используются резервные трудовые ресурсы, то есть ряд задач могут выполняться за более короткие сроки за счет дополнительных исполнителей, либо за счет увеличения нагрузки текущих исполнителей.

Мероприятия необходимо систематизировать и разбить по этапам критического пути с оценкой затрат и указанием величины экономии

Для выбранных работ надо увеличить загрузку во столько раз, сколько дополнительных исполнителей есть в резерве. Чтобы уменьшить длительность задачи по поиску производителей оборудования, привлечем дополнительного исполнителя технолога. Сократим длительность отделочных работ, для этого привлечем дополнительных рабочих с той же почасовой ставкой. Для уменьшения длительности электромонтажных работ освободим одного электрика от других работ кроме проекта. Привлечем дополнительные резервные ресурсы для шеф-монтажных работ, сократив длительность данной задачи на 8 дней. Проанализировав сокращение длительности задач после назначения дополнительных ресурсов, видим, что длительность проекта сократилась на 48 дней (рис. 31).

| Название задачи                                                    | Длительно     | Начало             | Окончание          | Трудоз         |
|--------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------|
| <b>Создание нового производства</b>                                | <b>351 дн</b> | <b>Пт 01.05.09</b> | <b>Пт 03.09.10</b> | <b>2 045 ч</b> |
| Назначение РП                                                      | 1 дн          | Пт 01.05.09        | Пт 01.05.09        | 3 ч            |
| <b>Создание бизнес-плана</b>                                       | <b>21 дн</b>  | <b>Пт 01.05.09</b> | <b>Пт 29.05.09</b> | <b>24 ч</b>    |
| <b>Получение кредитных средств</b>                                 | <b>26 дн</b>  | <b>Пн 01.06.09</b> | <b>Пн 06.07.09</b> | <b>120 ч</b>   |
| <b>Поиск и заключение контракта с производителями оборудования</b> | <b>39 дн</b>  | <b>Пн 08.06.09</b> | <b>Чт 30.07.09</b> | <b>197 ч</b>   |
| <b>Строительная часть</b>                                          | <b>214 дн</b> | <b>Пт 26.06.09</b> | <b>Ср 21.04.10</b> | <b>700 ч</b>   |
| <b>Проектирование и монтаж коммуникационных систем</b>             | <b>99 дн</b>  | <b>Чт 22.10.09</b> | <b>Вт 09.03.10</b> | <b>598 ч</b>   |
| <b>Подготовка основного производства</b>                           | <b>130 дн</b> | <b>Чт 07.01.10</b> | <b>Ср 07.07.10</b> | <b>125 ч</b>   |
| <b>Поставка промышленной линии фирмы</b>                           | <b>97 дн</b>  | <b>Ср 07.04.10</b> | <b>Чт 19.08.10</b> | <b>215 ч</b>   |
| <b>Запуск линии и отработка технологии</b>                         | <b>11 дн</b>  | <b>Пт 20.08.10</b> | <b>Пт 03.09.10</b> | <b>63 ч</b>    |

Рис.31. Проект после сокращения длительности критических задач  
(MicrosoftProject)

Рассмотрим экономические эффекты от предложенных мероприятий по совершенствованию процесса управления проектом в организации. Для оценки экономической эффективности воспользуемся методикой анализа инвестиционной привлекательности проектов. В частности рассчитаем показатели чистой приведенной стоимости и срок окупаемости до и после оптимизации.

Для оценки финансовой эффективности проекта используются оценки, основанные на анализе потоков платежей. NPV (net present value) – чистая дисконтированная стоимость проекта, является основным (и наиболее простым) критерием оценки финансовой эффективности. Он показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта, после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта. Поскольку денежные платежи оцениваются с учетом их временной стоимости и рисков, NPV можно интерпретировать, как стоимость, добавляемую проектом. Ее также можно интерпретировать как общую прибыль инвестора.

Расчет показателя NPV производят по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t}, \quad (26)$$

где NPV - чистая текущая стоимость;

CF<sub>t</sub> - приток денежных средств в период t;

I<sub>t</sub> - сумма инвестиций (затраты) в t-ом периоде;

r - барьерная ставка (ставка дисконтирования);

n - суммарное число периодов (интервалов, шагов).

Рассчитаем NPV для проектов, длительность которых составляет 399 рабочих дней и 351 рабочий день. Данные для расчета NPV представлены в таблице 86. Расчеты производились в Microsoft Excel.

Сумма инвестиции проекта составляет 70 млн. руб. Годовая ставка дисконта, учитывающая риски проекта, принимается равной 15%. Инвестиции в проект начинаются с июня 2009 года, когда разрабатывается проект помещения, и производятся проектировочные и проверочные конструкторские

расчеты. Приток денежных потоков для первого варианта проекта начинаются с середины ноября 2011года, а для второго варианта – с сентября 2011 года. В первые месяцы реализации проекта оборудование работает на неполную производственную мощность, т.е. вырабатывается около 5,5 тонн продукции в сутки. При полной загрузке оборудование позволяет производить до 8 тонн продукции в сутки.

В себестоимость продукции включаются:

- затраты, непосредственно связанные с производством и реализацией продукции;
- затраты на обеспечение предприятия рабочей силой (персоналом);
- отчисления в различные фонды и бюджеты;
- затраты на содержание, обслуживание и управление организацией.

## Данные для расчета NPV

| Период | Дисконт.<br>денежные<br>потоки<br>для<br>проекта<br>399 дн. | Дисконт.<br>денежные<br>потоки<br>для<br>проекта<br>351 дн. | Производ.<br>мощность (тн) |                   | Цена<br>за 1тн.<br>(тыс.р<br>уб) | Себест<br>оимос<br>ть<br>(тыс.<br>руб) | Амортизация<br>(тыс.<br>мес) |                   |
|--------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-------------------|
|        |                                                             |                                                             | проект<br>399 дн.          | проект<br>351 дн. |                                  |                                        | проект<br>т 399<br>дн.       | проект<br>351 дн. |
| июн.09 | -987,65                                                     | -987,65                                                     | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| июл.09 | -1170,55                                                    | -1268,10                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| авг.09 | -2408,55                                                    | -2793,91                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| сен.09 | -3615,79                                                    | -3806,10                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| окт.09 | -3759,11                                                    | -4041,04                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| ноя.09 | -2970,16                                                    | -3248,61                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| дек.09 | -3391,85                                                    | -3621,03                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| янв.10 | -3802,67                                                    | -3983,75                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| фев.10 | -4828,79                                                    | -4962,92                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| мар.10 | -5475,72                                                    | -5828,99                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| апр.10 | -5320,89                                                    | -5669,80                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| май.10 | -5082,90                                                    | -5082,90                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| июн.10 | -4509,63                                                    | -4935,06                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| июл.10 | -4033,77                                                    | -4622,02                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| авг.10 | -3817,97                                                    | -3734,97                                                    | -                          | -                 | -                                | -                                      | -                            | -                 |
| сен.10 | -3033,06                                                    | -2202,02                                                    | -                          | 148,5             | 82,00                            | 71,00                                  | -                            | 450               |
| окт.10 | -1862,14                                                    | 1499,22                                                     | -                          | 170,5             | 82,00                            | 71,00                                  | -                            | 450               |
| ноя.10 | -713,15                                                     | 2100,71                                                     | 110                        | 240               | 83,00                            | 71,90                                  | 450                          | 450               |
| дек.10 | 1475,67                                                     | 2143,74                                                     | 170,5                      | 248               | 83,00                            | 71,90                                  | 450                          | 450               |
| янв.11 | 2155,31                                                     | 2155,31                                                     | 248                        | 248               | 84,10                            | 72,80                                  | 450                          | 450               |
| фев.11 | 1923,26                                                     | 1923,26                                                     | 224                        | 224               | 84,10                            | 72,80                                  | 450                          | 450               |
| мар.11 | 2120,98                                                     | 2120,98                                                     | 248                        | 248               | 85,10                            | 73,70                                  | 450                          | 450               |
| апр.11 | 2027,40                                                     | 2027,40                                                     | 240                        | 240               | 85,10                            | 73,70                                  | 450                          | 450               |
| май.11 | 2105,13                                                     | 2105,13                                                     | 248                        | 248               | 86,20                            | 74,60                                  | 450                          | 450               |
| июн.11 | 2012,25                                                     | 2012,25                                                     | 240                        | 240               | 86,20                            | 74,60                                  | 450                          | 450               |

## Продолжение таблицы 86

|        |         |         |     |     |        |       |     |     |
|--------|---------|---------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|
| июл.11 | 2071,13 | 2071,13 | 248 | 248 | 87,20  | 75,50 | 450 | 450 |
| авг.11 | 2045,56 | 2045,56 | 248 | 248 | 87,20  | 75,50 | 450 | 450 |
| сен.11 | 1971,97 | 1971,97 | 240 | 240 | 88,20  | 76,40 | 450 | 450 |
| окт.11 | 2012,38 | 2012,38 | 248 | 248 | 88,20  | 76,40 | 450 | 450 |
| ноя.11 | 1956,10 | 1956,10 | 240 | 240 | 89,30  | 77,30 | 450 | 450 |
| дек.11 | 1996,18 | 1996,18 | 248 | 248 | 89,30  | 77,30 | 450 | 450 |
| янв.12 | 1987,92 | 1987,92 | 248 | 248 | 90,30  | 78,20 | 450 | 450 |
| фев.12 | 1837,03 | 1837,03 | 232 | 232 | 90,30  | 78,20 | 450 | 450 |
| мар.12 | 1971,11 | 1971,11 | 248 | 248 | 91,40  | 79,10 | 450 | 450 |
| апр.12 | 1884,13 | 1884,13 | 240 | 240 | 91,40  | 79,10 | 450 | 450 |
| май.12 | 1922,74 | 1922,74 | 248 | 248 | 91,40  | 79,10 | 450 | 450 |
| июн.12 | 1852,80 | 1852,80 | 240 | 240 | 92,40  | 80,00 | 450 | 450 |
| июл.12 | 1890,77 | 1890,77 | 248 | 248 | 92,40  | 80,00 | 450 | 450 |
| авг.12 | 1867,43 | 1867,43 | 248 | 248 | 92,40  | 80,00 | 450 | 450 |
| сен.12 | 1828,10 | 1828,10 | 240 | 240 | 94,60  | 81,90 | 450 | 450 |
| окт.12 | 1865,56 | 1865,56 | 248 | 248 | 94,60  | 81,90 | 450 | 450 |
| ноя.12 | 1797,25 | 1797,25 | 240 | 240 | 95,60  | 82,80 | 450 | 450 |
| дек.12 | 1834,08 | 1834,08 | 248 | 248 | 95,60  | 82,80 | 450 | 450 |
| янв.13 | 1839,67 | 1839,67 | 248 | 248 | 96,60  | 83,60 | 450 | 450 |
| фев.13 | 1641,54 | 1641,54 | 224 | 224 | 96,60  | 83,60 | 450 | 450 |
| мар.13 | 1794,53 | 1794,53 | 248 | 248 | 96,60  | 83,60 | 450 | 450 |
| апр.13 | 1728,50 | 1728,50 | 240 | 240 | 97,60  | 84,50 | 450 | 450 |
| май.13 | 1763,93 | 1763,93 | 248 | 248 | 97,60  | 84,50 | 450 | 450 |
| июн.13 | 1698,92 | 1698,92 | 240 | 240 | 98,60  | 85,40 | 450 | 450 |
| июл.13 | 1733,75 | 1733,75 | 248 | 248 | 98,60  | 85,40 | 450 | 450 |
| авг.13 | 1712,34 | 1712,34 | 248 | 248 | 98,60  | 85,40 | 450 | 450 |
| сен.13 | 1661,51 | 1661,51 | 240 | 240 | 99,70  | 86,30 | 450 | 450 |
| окт.13 | 1695,57 | 1695,57 | 248 | 248 | 99,70  | 86,30 | 450 | 450 |
| ноя.13 | 1632,81 | 1632,81 | 240 | 240 | 100,50 | 87,00 | 450 | 450 |
| дек.13 | 1666,28 | 1666,28 | 248 | 248 | 100,50 | 87,00 | 450 | 450 |

В результате проведенных расчетов получаем, что по первому варианту проекта, продолжительность которого 399 дней, дисконтированные инвестиционные затраты составляют 60784,36 тыс. рублей. При втором варианте, длительность проекта 351 день, величина дисконтированных инвестиций выросла и составила 60788,9 тыс. рублей. Подобный эффект является следствием сокращения периода дисконтирования (на 48 дней) при

постоянной абсолютной величине инвестиционных затрат в размере 70 млн. рублей.

Однако чистая приведенная стоимость второго варианта проекта по сравнению с первым увеличилась на 4263,45 тыс. рублей (с 8197,26 тыс. рублей до 12460,71 тыс. рублей), поскольку при сокращении длительности инвестиционной фазы жизненного цикла проекта получение денежных потоков в результате опережения запуска технологического процесса происходит раньше на 48 дней. Соответственно период окупаемости проекта во втором варианте сократиться с 4,17 года до 3,92 года по сравнению с первым вариантом.

Таким образом, эффективность используемого подхода к планированию и управлению комплексом работ может быть обоснована через показатели эффективности инвестиционного проекта. За счет смещения денежных потоков и инвестиционных затрат по времени, в результате оптимизации отдельных мероприятий по проекту происходит сокращение жизненного цикла проекта и ранний выход на его окупаемость. Рассматриваемый подход позволяет произвести анализ возможных направлений оптимизации комплексных инвестиционных проектов предприятия, сопровождающихся существенными капитальными вложениями, растянутыми по времени и не синхронизированными по периодам реализации проекта. Как показала апробация предложенного подхода на примере проекта по расширению производства слоеных и мучных кондитерских изделий «Автоматизированная линия по производству слоеных изделий на ОАО «Казанский хлебозавод №2» традиционные показатели оценки эффективности проекта являются важным индикатором, отражающим влияние мероприятий по оптимизации сетевых графиков и обеспечивающий совершенствование комплекса инструментария по управлению проектами в организации.

## Вопросы по логистике

1. Концепция общих издержек
2. Виды запасов
3. Назначение транспорта
4. Формула Кампа - Уилсона
5. Особенности использования логистики в России
6. Методы определения потребностей в материальных ресурсах
7. Форма поставок
8. Экономичность видов транспорта
9. Виды складских операций
10. Значение логистики с точки зрения эффективности
11. К издержкам формирования запасов относятся
12. Вид анализа, используемый в логистике
13. Типы внутрипроизводственной логистической системы
14. Терминал
15. Предпочтительная модель расширения сбытовой сети
16. Издержки дефицита
17. Система управления запасами
18. Социальное и экономическое значение транспорта.
19. Принцип "защиты от дураков"
20. Система ERP
21. Этапы развития логистики
22. Области применения логистики
23. Методы и модели, используемые в логистике.
24. Цели и задачи логистики
25. Классификация логистических операций
26. Типы логистических систем.
27. Современные тенденции развития логистики.
28. Логистические операции по складированию.
29. Формы организации закупочной деятельности.
30. Формы поставки.
31. Реальные условия поставок.
32. ABC Анализ
33. XYZ –анализ
34. Определение страхового запаса
35. Классификация складов.
36. Основные показатели складской деятельности.
37. Оборачиваемость склада.
38. Проблемы организации работы склада
39. Информационная система управления складом
40. Система пополнения запасов.
41. Система толкающего типа.
42. Системы MRP
43. Система CSRP

44. Система тянущего типа.
45. Система, ориентированная на «узкие места».
46. Теория ограничений Голдратта.
47. Классификация видов транспорта.
48. Сравнительная характеристика видов транспорта.
49. Отличие транспортной логистики от организации перевозок.
50. Понятие и значение транспортного коридора.
51. Транспортные коридоры, связанные с Россией.
52. Транспортные системы в крупных городах.
53. Логистический подход к управлению.
54. Структура логистических затрат.
55. Виды издержек в логистике.
56. Управление логистической цепью.
57. Классификация материальных потоков.
58. Пропускная способность логистической сети.
60. Оценка эффективности логистической системы.

### **Список экзаменационных вопросов по логистике**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

1. Сущность и определение логистики.
2. Этапы развития логистики
3. Области применения логистики
4. Цели и задачи логистики
5. Функции логистики
6. Классификация логистических операций
7. Типы логистических систем.
8. Концепция логистики.
9. Основные принципы логистики. Принцип минимума суммарных издержек.
10. Методы и модели, используемые в логистике.
11. Особенности использования логистики в России.
12. Современные тенденции развития логистики.

#### **ЛОГИСТИКА СНАБЖЕНИЯ**

1. Логистические операции по складированию.
2. Формы организации закупочной деятельности.
3. Методы определения потребностей в материальных ресурсах.
4. Определение объема заказа. Формула Уилсона.
5. Реальные условия поставок.
6. Оформление заказа.

## УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ

1. Классификация запасов.
2. ABC Анализ. XYZ –анализ.
3. Системы управления запасами.
4. Определение страхового запаса

## СКЛАДСКАЯ ЛОГИСТИКА

1. Классификация складов.
2. Основные показатели складской деятельности.
3. Оборачиваемость склада.
4. Проблемы организации работы склада
5. Формы поставки.
6. Информационная система управления складом

## ВНУТРИПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛОГИСТИКА

1. Микрологистические системы. Виды интегрированных систем.
2. Различные типы организации производства.
3. Система пополнения запасов. Традиционная логистическая схема производства
4. Система толкающего типа. Системы MRP, ERP, CSRP.
5. Система тянущего типа. Системы JIT.
7. Система, ориентированная на «узкие места». Системы OPT.
8. Теория ограничений Голдратта.

## ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА

1. Социальное и экономическое значение транспорта.
2. Классификация видов транспорта.
3. Сравнительная характеристика видов транспорта.
4. Отличие транспортной логистики от организации перевозок.
5. Понятие и значение транспортного коридора.
6. Транспортные коридоры, связанные с Россией.
7. Транспортные системы в крупных городах.

## УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

1. Содержание логистического подхода к управлению.
2. Объекты логистического управления.
3. Структура логистических затрат.
4. Виды издержек в логистике.
5. Управление логистической цепью.

## ЛОГИСТИЧЕСКИЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

1. Виды макрологистических систем.
2. Принципиальная схема макрологистической системы.
3. Классификация материальных потоков.
4. Характеристики материального потока.
5. Звенья логистической системы.
6. Формирование логистических систем.
7. Пропускная способность логистической сети.
8. Задачи, решаемые логистической системой.
9. Оценка эффективности логистической системы.

### Список использованных источников

1. Анисимов С. Управление проектами. - СПб: Вектор, 2006.
2. Баркалов С.А. Математические основы управления проектами: Учеб.пособие/ С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, И.В. Буркова и др.- М.: Высш.шк., 2005.
3. Гейзлер П.С., Завьялова О.В. Управление проектами: Практич. пособие. – Мн.: Книжный Дом; Мисанта, 2005.
4. Гонтарева И.В. Управление проектами / Гонтарева И.В., Нижегородцев Р.М., Новиков Д.А. – СПб.: Питер, 2008.
5. Грашина М., Дункан В. Основы управления проектами. - СПб: Питер, 2006.
6. Грей К.Ф., Ларсон Э.У. Управление проектами. /Пер. с англ. – М.: Издательство «Дело и Сервис», 2007.
7. Гультияев А.К. Microsoft Office Project 2007. Управление проектами / Гультияев А.К. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008.
8. Детмер, У. Теория ограничений Голдратта: Системный подход к непрерывному совершенствованию / Детмер У., - 6-е изд. - Москва :Альпина Пабли., 2016. - 444 с.
9. Джонсон Д., Вуд Д., Вордлоу Д., Мэрфи-мл. П. Современная логистика. —М.: Вильямс, 2004.
10. Дитхелм Г. Управление проектами. В 2 томах: перевод с нем.- СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2003.
11. Дыбская, В. В. Логистика складирования : учебник / В.В. Дыбская. — Москва : Инфра-М, 2018. — 559 с.
12. Емельянов Ю. Управление инновационными проектами в компании/ Ю. Емельянов// Проблемы теории и практики управления.- 2011.
13. Ершов В.Ф. Бизнес-проектирование. - СПб: «Питер», 2005.
14. Ивасенко А.Г. Управление проектами: Учеб.пособие/ А.Г Ивасенко, Я.И. Никонова, М.В. Каркавин.- Ростов н/Д: Феникс, 2009.
15. Ильина О.Н. Методологическое обеспечение управления проектами, программами и портфелями проектов в организации// Менеджмент в России и за рубежом.-2011.
16. Календарь и график ресурсов в Microsoft Project [Электронный ресурс]: Портал «Таурион», 2009. – Режим доступа: <http://www.taurion.ru/project/20/1>
17. Канке, А. А. Логистика: Учебник / А.А. Канке, И.П. Кошечая. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 384 с.
18. Коммерческая логистика : учеб. пособие / Н.А. Нагапетьянц, Н.Г. Каменева, В.А. Поляков [и др.] ; под общ. ред. Н.А. Нагапетьянца. — Москва: Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. — 253 с.

- 19.Красс М.С., Чупрынов Б.П.Основы математики и ее приложения в экономическом образовании: Учеб.-М.: Дело, 2000.-688 с.
- 20.КудрявцевЕ.М. MicrosoftProject. Методы сетевого планирования и управления проектом. – М.: ДМК Пресс, 2005.
- 21.Лапыгин Ю.Н. Оценка эффективности проектного управления/ Ю.Н. Лапыгин, А.Г. Гоньшаков// Экономический анализ: теория и практика. - 2011.
- 22.Лич Л. Вовремя и в рамках бюджета: управление проектами по методу критической цепи / Лич Л. – М.: Альпина Паблишерз, 2010.
- 23.Логистика : учебник / А.У. Альбеков, Т.В. Пархоменко, Г.А. Лопаткин [и др.] ; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.У. Альбекова. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2016. — 403 с.
- 24.Логистика: модели и методы: учеб. пособие / П.В. Попов, И.Ю. Мирецкий, Р.Б. Ивуть, В.Е. Хартовский ; под общ. и науч. ред. П.В. Попова, И.Ю. Мирецкого. — Москва : ИНФРА-М, 2017. — 272 с.
- 25.Логистика: практикум для бакалавров: учеб. пособие / под общ. ред. проф. С.В. Карповой. — Москва : Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2017. — 139 с.
- 26.Логистика: Учебник / Под ред. Б.А. Аникина. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 320 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат).
- 27.Локк Д. Основы управления проектами / Локк Д. – М.: НІРРО, 2004.
- 28.Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учеб.пособие для вузов. – М.: Омега-Л, 2006.
- 29.Материалы ОАО «Казанский хлебозавод №2» [Электронный ресурс] – Официальный сайт ОАО «Казанский хлебозавод №2». –Режим доступа: <http://www.khz2.ru>
- 30.Международный стандарт ИСО 9000:2000 Административное управление качеством. - Руководящие указания по обеспечению качества руководства проектами.
- 31.Меняев М.Ф. Управление проектами. MSProject: Учеб.пособие/ М.Ф. Меняев: Омега-Л, 2005.
- 32.Методика составления сетевых графиков [Электронный ресурс]: Портал «Строй-Справка», 2010. – Режим доступа: <http://stroy-spravka.ru/metodika-sostavleniya-setevykh-grafikov>
- 33.Новицкий Н.И. Организация, планирование и управление производством/ Н.И. Новицкий, Л.Ч. Горностай, А.А. Горюшкин – М.: КноРус, 2008.
- 34.Новицкий Н.И. Сетевое планирование и управление производством / Новицкий Н.И. – М.: Новое знание, 2004.
- 35.Новые тенденции рынка хлебобулочных изделий <http://www.conditer.ru/preview/sost/index.asp?id=16814>

36. Обзор российского рынка кондитерских изделий за 2009 год.  
[http://www.ratix.ru/stati/analitika/obzor\\_rossijskogo\\_rynka\\_konditerskih\\_izdelij\\_zh\\_2009\\_god/](http://www.ratix.ru/stati/analitika/obzor_rossijskogo_rynka_konditerskih_izdelij_zh_2009_god/)
37. Овсянникова Т.В. Модель оперативного управления продолжительностью проекта промышленного комплекса/ Т.В. Овсянникова, Д.А. Щелоков//Экономические науки.-2011.
38. Основы проектного менеджмента [http://www.e-biblio.ru/book/bib/06\\_management/Osnov\\_proekt\\_menedgmenta/SG.html](http://www.e-biblio.ru/book/bib/06_management/Osnov_proekt_menedgmenta/SG.html)
39. Пайне Сабине. Проектный менеджмент: ускоренный курс/ С. Пайне. – М.: Дело и Сервис, 2005.
40. Пинто Дж. Управление проектами. - СПб: Питер, 2004.
41. Проектный офис: уровни зрелости  
<http://www.bossmag.ru/view.php?id=4114>
42. Разу М.Л. и др. Управление проектом. Основы проектного управления: Учебник. – КНОРУС. – 2006.
43. Ребрин Ю.И.. Основы экономики и управления производством. Сетевое планирование и управление.  
[http://polbu.ru/rebrin\\_management/ch24\\_all.html](http://polbu.ru/rebrin_management/ch24_all.html)
44. Романова М.В. Управление проектами/ М.В. Романова.- М.:Форум: Инфра-М, 2007.
45. Руководство по своду знаний по управлению проектами (Руководства РМВОК) Четвертое издание 2008 ProjectManajmentInstitute, FourCampusBoulevard, Newtown, PA 19073-3299 USA/США.
46. Рыкалина, О. В. Теория и методология современной логистики : монография / О.В. Рыкалина. — Москва : ИНФРА-М, 2020. - 208 с.
47. Сернова Н.В. Сетевые методы управления бизнес-проектами / Сернова Н.В., Котова Е.С., Гордуновский В.М. – М.: Издательство МГИМО МИД РФ, 2005.
48. Сетевые графики в планировании / Под редакцией А.В. Разумова – М.: Высшая школа, 1975.
49. Слак Найджел. Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент/ Н. Слак, С. Чеймберс, Р. Джонстон. –М.: ИНФРА-М, 2009.
50. Стерлигова, А. Н. Управление запасами в цепях поставок : учебник / А.Н. Стерлигова. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 430 с.
51. Тебекин, А. В. Логистика : учебник / А. В. Тебекин. - Москва : Дашков и К, 2018. - 356 с.
52. Товб А.С., Ципес. Г.Л. Управление проектами: стандарты, методы, опыт. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005.

53. Фахрутдинова Е.В. Вопросы теории управления проектами// Экономические науки.-2009.
54. Федоров Л.С, Персианов В.А, Мухаметдинов И.Б.Общий курс транспортной логистики. М.: КНОРУС, 2016. – 310 с.
55. Фергусон О'Коннэл. Как успешно руководить проектами. Серебряная пуля.: Пер. с англ.- М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005.
56. Фунтов В.Н. Основы управления проектами в компании: учеб.пособие. - СПб.: Питер, 2006.
57. Хэлдман, Ким. Управление проектами. Быстрый старт. - М.: ДМК Пресс: Академия АйТи, 2007.
58. Часовский Д.А. Проектное управление - панацея от всех бед? / Д. А. Часовский, А. Д. Кучерова // Управление человеческим потенциалом. - 2011.
59. Черкасова В.А. Влияние конфликта интересов собственников и менеджеров на инвестиционную политику фирмы / В. А. Черкасова // Управление корпоративными финансами. - 2009.
60. Якубович М.Г. Управление проектами – инструмент развития компании// Стратегический менеджмент. -2008.

## ГЛОССАРИЙ

### Основные понятия учебного курса «Логистика»

#### 1. Содержание понятия «ЛОГИСТИКА»

Термин «логистика» появился еще в письменных источниках X века, и означал «организацию тыла, снабжение войск».

С греч. «logistike» - «искусство вычислять, рассуждать». В наше время он понимается как «материально - техническое обеспечение» и организация поставок.

*Логистика* – совокупность организационно-управленческих и производственно-технологических процессов по эффективному обеспечению различных систем товарно-материальными ресурсами.

Более широкое определение логистики трактует её как учение о планировании, управлении и контроле движения материальных, информационных и финансовых ресурсов в различных системах.

С точки зрения практического применения логистика – выбор наиболее эффективного варианта обеспечения товаром нужного качества, нужного количества, в нужное время, в нужном месте с минимальными затратами (Шумаев В. А. Логистика в теории и практике управления современной экономикой. — М.: МУ им. С. Ю. Витте, 2014. – С. 7—8, 212 с.).

С позиции менеджмента организации логистику можно рассматривать как стратегическое управление материальными потоками в процессе снабжения: закупки, перевозки, продажи и хранения материалов, деталей и готового инвентаря (техники и прочего). Понятие включает в себя также управление соответствующими потоками информации, а также финансовыми потоками. Логистика направлена на оптимизацию издержек и рационализацию процесса производства, сбыта и сопутствующего сервиса как в рамках одного предприятия, так и для группы предприятий.

*Логистика* – планирование, организация и контролирование всех видов деятельности предприятия, которые обеспечивают прохождение материального и связанных с ним потоков от пункта закупки сырья до пункта конечного потребления, исходя из требований потребителей.

*Логистика* (logistics) - наука о планировании, контроле и управлении транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе доведения сырья и материалов до производственного предприятия, внутризаводской переработки

сырья, материалов и полуфабрикатов, доведение готовой продукции до потребителя в соответствии с интересами и требованиями последнего, а также передача, хранение и обработка соответствующей информации (Родников, А.Н. Логистика [Текст] : терминологический словарь / А. Н. Родников. - Москва : Экономика, 1995. – 249 с.).

*Логистика* - организация и управление производством, транспортировкой, хранением и перевалкой товаров, а также относящимися к ним вспомогательными процессами и принятием решений на месте для того, чтобы предоставить в распоряжение клиентов нужные товары в желаемый срок и в нужном количестве. (Экономический толковый словарь)

*Логистика* - это гармонизация интересов участников процесса движения продукции, форма оптимизации рыночных связей, т.е. совершенствование управления материальными и связанными с ними информационными и финансовыми потоками на пути от первичного источника сырья до конечного потребителя готовой продукции на основе системного подхода и экономических компромиссов с целью получения синергического эффекта. (Фёдоров, Л.С. Транспортная логистика : учебное пособие / Л. С. Фёдоров, В. А. Персианов, И. Б. Мухаметдинов ; под общ. ред. Л. С. Фёдорова. - 3-е изд., стер. - Москва : КноРус, 2016. - 309 с.).

*Логистика* изучает товарные потоки, начинающиеся от поставщиков сырья, проходящие через предприятие и заканчивающиеся у покупателей, т.е. процессы перемещения и складирования товаров. Она координирует такие функциональные сферы предприятия, как снабжение, производство и сбыт. Логистика позволяет оптимизировать потоки продукции и информации внутри и вне предприятия и создает различные возможности рационализации деятельности менеджеров предприятия с целью снижения затрат. Следовательно, в логистике речь идет о внутрифирменной оптимизации связанных с производством и покупателями потоков материалов и товаров. Наряду с этим, логистика занимается вопросами оптимального сокращения складских мощностей, запасов сырья и материалов, а также уменьшением числа складов готовой продукции" (Фольмут Х. Й. Инструменты контроллинга от А до Я : пер. с нем. / Х. Й. Фольмут. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 288 с).

*Логистика* - процесс управления движением и хранением сырья, компонентов и готовой продукции в хозяйственном обороте с момента уплаты

денег поставщикам до момента получения денег за доставку конечной продукции потребителю.

*Логистика* - деятельность по планированию, выполнению и контролю физического перемещения материалов, готовой продукции и относящейся к ним информации от места их производства к месту потребления с целью удовлетворения потребностей потребителей и получения прибыли.

*Логистика* - наука об организации совместной деятельности менеджеров различных подразделений предприятия, а также группы предприятий по эффективному продвижению продукции по цепи "закупки сырья - производство продукции - сбыт - распределение" на основе интеграции и координации операций, процедур и функций, выполняемых в рамках данного процесса с целью минимизации общих затрат ресурсов.

2. *Этапы развития логистики:*

- ПЕРВЫЙ ЭТАП: 60-е годы: интеграция складского хозяйства с транспортом с целью «завязать» их на единый экономический результат.
- ВТОРОЙ ЭТАП: 80-е годы: к взаимодействию складирования и транспортировки «подключается» планирование производства.
- ТРЕТИЙ ЭТАП: н. вр.- целостная интеграция всех материалов и проводящих звеньев.

3. *Суть логистического подхода к управлению*

Суть логистического подхода к управлению (новизна) заключается в интеграции отдельных участников логистического процесса в единую систему, способную быстро и экономично доставить необходимый товар в нужное место.

4. *Сферы приложения логистики*

- *Организация перевозок.*
- *Выбор средств транспорта.*
- *Выбор транспортных тарифов.*
- *Организация систем товародвижения.*
- *Размещение и организация складского хозяйства.*
- *Транспортная тара и упаковка.*
- *Системы идентификации и кодирования.*

- *Логистический сервис.*

## 5. *Цели и задачи логистики*

*Глобальной целью логистики* является достижение максимального эффекта с минимумом затрат в условиях нестабильности рынка и с учетом запросов потребителей.

*Общие цели логистики:*

- Снижение затрат, связанных с перемещением готовой продукции от места производства до места потребления и ее хранением в соответствии с требуемым уровнем обслуживания потребителя.
- Разработка тщательно взвешенного и обоснованного предложения, которое способствовало бы достижению наибольшей эффективности работы фирмы, повышению ее рыночной роли и получению преимуществ перед конкурентами.
- Создание эффективной системы регулирования и контроля материальных и информационных потоков (обеспечивающей высокое качество поставки продукции).

## 6. *Функции логистики*

- Формирование хозяйственных связей.
- Определение объемов и направлений материальных потоков.
- Управление запасами в сфере обращения.
- Прогнозные оценки потребностей в перевозках, и их организация, выполнение операций, предшествующих перевозке, и завершающих ее.
- Определение последовательности движения товаров через места складирования.
- Управление складами, их размещение, организация и развитие.

## 7. *Основные методы логистики*

- Методы системного анализа.
- Методы, основывающиеся на теории исследования операций.
- Кибернетическое моделирование.
- Прогностика.

#### 8. *Объекты управления в логистике*

- Материальные (сырье, материалы, полуфабрикаты, ГП, запчасти и т. п.)
- Информационные (распоряжения, отчеты, сопроводительные документы, договора и т. п.)
- Финансовые (денежные расчеты)
- Сервисные.

#### 9. *Задачи логистической системы*

- планирование, исполнение и контроль логистических процессов управления движением материальных и связанных с ними финансовых и информационных потоков с целью максимизации прибыли предприятия;
- непрерывное совершенствование процессов управления движением материальных и связанных с ними финансовых и информационных потоков на основе системного подхода и экономических компромиссов с целью достижения синергического эффекта;
- организация эффективного взаимодействия менеджеров различных подразделений предприятия, а также других участников логистической цепи на основе принципов интеграции и координации процессов с целью минимизации общих затрат ресурсов.

#### 10. *Свойства логистической системы.*

- Целостность и делимость. Система есть целостная совокупность элементов, взаимодействующих друг с другом. Следует иметь в виду, что элементы существуют лишь в системе. Вне системы это лишь объекты, обладающие потенциальной способностью образования системы. Элементы системы могут быть разнокачественными, но одновременно совместимыми.

– Связи. Между элементами системы имеются существенные связи, которые с закономерной необходимостью определяют интегративные качества этой системы. Связи могут быть вещественные, информационные, прямые, обратные и т. д. Связи между элементами внутри системы должны быть более мощными, чем связи отдельных элементов с внешней средой, так как в противном случае система не сможет существовать.

– Организация. Наличие системоформирующих факторов у элементов системы лишь предполагает возможность ее создания. Для появления системы необходимо сформировать упорядоченные связи, т. е. определенную структуру, организацию системы.

– Интегративные качества. Наличие у системы интегративных качеств, т. е. качеств, присущих системе в целом, но не свойственных ни одному из ее элементов в отдельности.

11. *Составляющие эффективности логистической системы*

- Эффективность по переработке грузов
- Эффективность по сохранности грузов
- Эффективность по обеспечению качества логистического сервиса

12. *Показатели эффективности логистической системы*

- Показатели грузообработки
- Показатели сохранности грузов
- Показатели логистического сервиса.

13. *Основные виды логистических систем*

- микрологистические
- макрологистические.

14. Макрологистическая система - это крупная система управления материальными потоками, охватывающая предприятия и организации промышленности, посреднические, торговые и транспортные организации различных ведомств, расположенных в разных регионах страны или в разных странах. При формировании макрологистической системы, охватывающей разные страны, необходимо преодолеть трудности, связанные с правовыми и экономическими особенностями международных экономических отношений, с неодинаковыми условиями поставки товаров, различиями в транспортном законодательстве стран, а также ряд других барьеров.

Виды макрологистических систем:

- Глобальные
- Государственные (транснациональные)

- Межгосударственные (международные)
- Трансконтинентальные
- По признаку административно-территориального деления
- Районные
- Межрайонные
- Городские
- Региональные
- Областные, краевые
- Межрегиональные
- Республиканские
- Межреспубликанские
- По объектно-функциональному признаку
- Группы предприятий
- Ведомственные
- Отраслевые
- Межотраслевые
- Торговые
- Военные
- Транспортные
- Институциональные.

#### 15. Микрологистическая система

- Микрологистические системы являются подсистемами, структурными составляющими макрологистических систем.
- Микрологистические системы представляют собой класс внутрипроизводственных логистических систем, в состав которых входят технологически связанные производства, объединенные единой инфраструктурой.
- К ним относят различные производственные и торговые предприятия, территориально-производственные комплексы.

#### 16. Формирование логистических систем

- Определение и формирование целей функционирования системы.

- Определение требований, которым должна отвечать система (на основе анализа целей и ограничений внешней среды).
- Формирование основных подсистем (частей системы).
- Синтез системы (анализ подсистем, и выбор способа их взаимодействия на основе моделирования)

17. *Логистическая цепь* – линейно упорядоченное множество звеньев логистической системы (производителей, дистрибьюторов, складов и т.д.), осуществляющих логистические операции по доведению материального внешнего потока от одной ЛС до другой или до конечного потребителя.

18. *Звено логистической системы* - это некоторый экономически и (или) функционально обособленный объект, выполняющий свою локальную цель, связанную с определенными логистическими операциями или функциями. В качестве звеньев логистической системы могут выступать:

- предприятия-поставщики материальных ресурсов,
- производственные предприятия и их подразделения,
- сбытовые, торговые, посреднические организации разного уровня,
- транспортные и экспедиционные предприятия,
- биржи,
- банки и другие финансовые учреждения,
- предприятия информационно-компьютерного сервиса и связи и т.д.

19. *Поток в логистике* представляет собой совокупность объектов, воспринимаемых как единое целое, существующую как процесс на некотором временном интервале и измеряемую в абсолютных единицах за определенный период времени.

20. *Материальный поток* – это находящиеся в состоянии движения материальные ресурсы, незавершенное производство, готовая продукция, к которым применяются логические операции или функции, связанные с физическим перемещением в пространстве (погрузка, разгрузка и т.п.). Различают входной и выходной потоки: ВХОДНОЙ: «внешняя среда» - логистическая система; ВЫХОДНОЙ: логистическая система - «внешняя среда».

21. *Логистическая операция* - совокупность действий, направленная на преобразование материального и (или) информационного потока.

22. *Логистические операции* по отношению к материальному потоку:

- погрузка
- разгрузка
- затаривание
- экспедирование грузов
- перевозка грузов
- хранение грузов
- приемка и отпуск товаров со склада
- перегрузка
- сортировка, комплектация
- разукрупнение грузов
- сбор, хранение, передача информации о грузах и товарах
- расчеты с поставщиками и покупателями
- страхование грузов
- передача прав собственности на товар
- таможенное оформление грузов и т.д.

23. *Показатели, характеризующие динамику материального потока:*

- погрузка
- разгрузка
- затаривание
- экспедирование грузов
- перевозка грузов
- хранение грузов
- приемка и отпуск товаров со склада
- перегрузка
- сортировка, комплектация
- разукрупнение грузов
- сбор, хранение, передача информации о грузах и товарах
- расчеты с поставщиками и покупателями
- страхование грузов

- передача прав собственности на товар
- таможенное оформление грузов и т.д.

24. *Информационный поток* – совокупность циркулирующих сообщений между элементами логистической системы и внешней средой, необходимых для управления и контроля логистических операций. Управление ИП означает:

- изменение направления потока
- ограничение скорости передачи до скорости приема
- ограничение объема потока до величины пропускной способности отдельного узла или участка пути.

25. *ИП характеризуются следующими показателями:*

- источник возникновения
- направление движения потока
- скорость передачи и приема
- интенсивность потока

26. *Измерение информационного потока:* количество обрабатываемой или передаваемой информации за единицу времени.

27. *Финансовый поток* – это направленное движение финансовых ресурсов, связанное с материальными, информационными и иными потоками как в рамках логистической системы, так и вне нее. Основной целью финансового обслуживания материальных потоков в логистике является обеспечение их движения финансовыми ресурсами в необходимых объемах, в нужные сроки и с использованием наиболее эффективных источников финансирования.

28. *Сервисные потоки* – это направленное движение финансовых ресурсов, связанное с материальными, информационными и иными потоками как в рамках логистической системы, так и вне нее. Основной целью финансового обслуживания материальных потоков в логистике является обеспечение их движения финансовыми ресурсами в необходимых объемах, в

нужные сроки и с использованием наиболее эффективных источников финансирования.

29. *Характеристики сервисных потоков:*

- Неосвязаемость сервиса. Заключается в сложности для поставщиков сервиса объяснить и специфицировать сервис, а также трудностями оценить его со стороны покупателя.
- Покупатель зачастую принимает прямое участие в производстве услуг.
- Сервис – деятельность (процесс) и поэтому не может быть протестирован прежде, чем покупатель его купит.
- Сервис часто состоит из системы более мелких (субсервисных) услуг, причем покупатель оценивает эти субсервисные услуги.
- Качество и привлекательность сервиса зависят от способности покупателя оценить его в итоге (в общем плане).

**Логистика производства и сферы услуг.  
Управление проектами на основе сетевых моделей**

Авторы:

Романова Анна Ильинична  
Сафиуллин Азат Рашитович  
Миронова Маргарита Давыдовна  
Павлов Валерий Павлович

Оригинал-макет: Павлов В.П., Миронова М.Д.

---

Подписано в печать

Заказ

Тираж 100 экз.

Бумага тип. №1

Усл. печ. л. 5,7

Печать офсетная

Формат 60×84/16

Усл. изд. л. 5