

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые  
источники энергии»

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЖКХ

Методические указания и задания  
к курсовому проектированию  
для студентов специальности 1–43 01 06  
«Энергоэффективные технологии и энергетический  
менеджмент».

М и н с к 2 0 0 5

УДК 620.9:651.01(075.8)

ББК 31.19 я 7

Б 24

Составители

А.И. Баранников, И.В. Янцевич

Рецензенты

И.А. Бокун, А.Л. Ивашутин

В методические указания включены вопросы, актуальные для производственного и операционного менеджмента и одной из его важных составляющих – энергетического менеджмента. Рассматриваются вопросы размещения и планировки, использования кривых роста производительности для целей планирования и управления, управления запасами и затратами при независимом спросе. Особое внимание уделяется эффективности энергосберегающих технологий на примере жилищно-коммунального хозяйства.

© Баранников А.И., Янцевич И.В.,  
составление 2005

## В в е д е н и е

*Управление производством* – часть организационной структуры предприятия, отвечающая за планирование и координацию использования ресурсов предприятия в процессе преобразования вложений в конечный продукт.

*Функция производства* – одна из основных функций любого предприятия, две другие – маркетинг и финансы. Производственная функция присутствует в работе любого предприятия как промышленного, так и относящегося к сфере обслуживания.

Производственное решение включает в себя: решения по разработке системы и решения по эксплуатации системы.

Вопросы разработки системы охватывают:

- Планирование производственной мощности;
- Дизайн продукта;
- Разработка рабочего процесса;
- Размещение рабочего оборудования;
- Определение места под производство.

Вопросы эксплуатации включают:

- Гарантия качества;
- Составление рабочего графика;
- Управление ресурсами и запасами производства;
- Руководство проектом.

Существуют общие мировые тенденции развития производственно-оперативного управления. Среди них: общая мировая конкуренция, усиление роли качества, интеграция технологий с системой производства, активизация участия сотрудников в процессе выработки производственных решений, разрешение производственных проблем (в особенности через рабочие группы). Придается особое значение гибкости производства, сокращению затрат времени, а также повышенное внимание к вопросам экологии.

В последние десятилетия все больше и больше внимания во всем мире уделяется вопросам эффективного производства энергии, ее распределения и потребления. На сегодняшний

день сложилось несколько направлений в повышении качества использования первичных ресурсов и энергии: использование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, активное использование вторичных энергоресурсов, реструктуризация и перекомпоновка потребителей энергии, а также комбинирование этих мероприятий.

Страны постсоветского пространства, к которым относится и Республика Беларусь, в настоящее время имеют энергосистему, построенную в годы существования СССР. Одним из основных принципов такой энергосистемы была полная централизация энергоснабжения. Этот принцип обусловил строительство в стране огромных ТЭС, а также подчас весьма протяженных тепловых сетей. Такая организация снабжения теплотой потребителей позволила как повысить надежность, а значит и степень бесперебойности теплоснабжения (например, посредством закольцовки теплосетей в городах), так и свести к минимуму мероприятия, связанные с регулированием отпуска тепла. Однако наряду с достоинствами такой подход имел и недостатки. Строительство протяженных теплопередающих магистралей и их недостаточная изоляция привели к огромным потерям, связанным непосредственно с транспортом и распределением тепловой энергии. В республике Беларусь, например, средняя цифра потерь энергии в теплосетях составляет 15–25 %. В соседней России эта цифра подчас равна 50 %. Очевидно, что теплогенерирующие установки (ТЭЦ, районные котельные (РК)) вынуждены перекладывать издержки по потерям в трубопроводах тепловых сетей на потребителей.

Очевидно, что потребитель обязан возмещать издержки по производству, транспорту и распределению тепловой энергии. Однако изначально предполагалось, что потребители будут оплачивать услуги ТЭЦ (РК) исходя из 6 % потерь в сетях. Таким образом, сопоставив предполагаемые и реальные цифры, можно сделать вывод, что человек, получивший счет за потребленную им тепловую энергию, платит примерно на 1/3 больше, чем он фактически потребил.

Вышеописанную проблему призваны решить приборы учета и контроля теплоты – теплосчетчики и водомеры. Однако на пути их повсеместной установки встают сложные проблемы: сложность врезки счетчика в стояк у конкретного потребителя; низкая стоимость 1 Гкал теплоты, а значит довольно большое значение срока окупаемости; законодательные акты, направленные на препятствование внедрению приборов учета и контроля и т.д.

Целью настоящего методического пособия является приобретение студентами навыков практических расчетов по некоторым актуальным вопросам производственного и операционного менеджмента, в том числе и расчет эффективности установки приборов учета и контроля теплоты на примере 12-этажного 144-квартирного жилого дома. При этом предполагается, что срок окупаемости внедряемых технологий не должен превышать 5 лет.

Студентам предлагается выполнить пять расчетных заданий по четырем темам, причем методическое пособие построено таким образом, что сначала формулируется задание по теме, а затем приводятся методические указания по данной теме. Практически по всем заданиям имеются несколько вариантов. Преподаватель задает вариант лично и имеет право корректировать задание. Пояснительная записка пишется от руки, либо оформляется на ПК (25 стр. печатного текста, размер шрифта 14 пт, одинарный межстрочный интервал) на стандартных листах. Приложения не входят в рекомендуемый объем. Страницы должны быть пронумерованы. Таблицы и рисунки – подписаны и пронумерованы. Ксерокопии допустимы только в приложениях, либо в качестве иллюстрации (рисунок, график, часть рисунка).

# 1. КРИВЫЕ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

## 1.1. Кривые роста производительности (кривые обучения)

### Задание

После проведения реконструкции предприятие заключило контракт на производство энергетических агрегатов (табл. 1.1).

Т а б л и ц а 1.1

Объем контракта (по номеру в списке)

|                 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Варианты</i> | <i>1</i>  | <i>2</i>  | <i>3</i>  | <i>4</i>  | <i>5</i>  | <i>6</i>  | <i>7</i>  | <i>8</i>  | <i>9</i>  | <i>10</i> |
| Штуки           | 35        | 39        | 34        | 40        | 31        | 36        | 32        | 38        | 37        | 33        |
| <i>Варианты</i> | <i>11</i> | <i>12</i> | <i>13</i> | <i>14</i> | <i>15</i> | <i>16</i> | <i>17</i> | <i>18</i> | <i>19</i> | <i>20</i> |
| Штуки           | 33        | 34        | 40        | 32        | 35        | 27        | 28        | 37        | 39        | 30        |
| <i>Варианты</i> | <i>21</i> | <i>22</i> | <i>23</i> | <i>24</i> | <i>25</i> | <i>26</i> | <i>27</i> | <i>28</i> | <i>29</i> | <i>30</i> |
| Штуки           | 29        | 33        | 39        | 40        | 34        | 36        | 38        | 33        | 30        | 31        |

Необходимо:

а) *определить* процентный показатель скорости обучения, если с этой целью были зафиксированы показатели первых 6 повторений этой производственной операции (табл. 1.2);

б) *менеджер* компании считает, что при производстве первого агрегата были допущены некоторые нетипичные и неподвижные задержки, поэтому необходимо пересмотреть все полученные оценки, взяв за основу время, потребовавшееся для производства  $i$ -го \* насоса (248 минус (№ варианта  $\times$  5 часов)).

в) учитывая пересмотренное время для первого агрегата, требуется определить, сколько времени понадобится на выполнение всего контракта и в среднем на один агрегат.

---

\*  $i = 3$  (Варианты 1...15),  $i = 4$  (Варианты 16...30).

Т а б л и ц а 1.2

Продолжительность производственного цикла  
(по первой букве фамилии студента)

| Варианты<br>(время, мин) | А        | Б         | В         | Г         | Д         | Е          | Ж          |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| Повторения               |          |           |           |           |           |            |            |
| 1,2                      | 46; 39   | 15,9; 12  | 45; 38    | 47; 40    | 16; 12; 1 | 48; 41     | 15,8; 11,9 |
| 3,4                      | 35; 33   | 10,1; 9,1 | 34; 32    | 36; 34    | 10,2; 9,2 | 37; 35     | 10; 9      |
| 5,6                      | 32; 30   | 8,4; 7,5  | 31; 29    | 33; 31    | 8,5; 7,6  | 34; 32     | 8,3; 7,4   |
| Варианты<br>(время, мин) | З        | И         | К         | Л         | М         | Н          | О          |
| Повторения               |          |           |           |           |           |            |            |
| 1,2                      | 50; 43   | 15,9; 12  | 46; 39    | 16; 12,1  | 51; 44    | 15,7; 11,8 | 52; 45     |
| 3,4                      | 39; 37   | 10,1; 9,1 | 35; 33    | 10,2; 9,2 | 40; 38    | 9,9; 8,9   | 41; 39     |
| 5,6                      | 36; 34   | 8,4; 7,5  | 32; 30    | 8,5; 7,6  | 37; 35    | 8,2; 7,3   | 38; 36     |
| Варианты<br>(время, мин) | П        | Р         | С         | Т         | У         | Ф          | Х          |
| Повторения               |          |           |           |           |           |            |            |
| 1,2                      | 14,9; 11 | 50; 43    | 15,9; 12  | 46; 39    | 16; 12,1  | 51; 44     | 15,7; 11,8 |
| 3,4                      | 9,1; 8,1 | 39; 37    | 10,1; 9,1 | 35; 33    | 10,2; 9,2 | 40; 38     | 9,9; 8,9   |
| 5,6                      | 7,4; 6,5 | 36; 34    | 8,4; 7,5  | 32; 30    | 8,5; 7,6  | 37; 35     | 8,2; 7,3   |
| Варианты<br>(время, мин) | Ц        | Ч         | Ш         | Щ         | Э         | Ю          | Я          |
| Повторения               |          |           |           |           |           |            |            |
| 1,2                      | 52; 45   | 14,9; 11  | 50; 43    | 15,9; 12  | 46; 39    | 16; 12,1   | 51; 44     |
| 3,4                      | 41; 39   | 9,1; 8,1  | 39; 37    | 10,1; 9,1 | 35; 33    | 10,2; 9,2  | 40; 38     |
| 5,6                      | 38; 36   | 7,4; 6,5  | 36; 34    | 8,4; 7,5  | 32; 30    | 8,4; 7,5   | 37; 35     |

г) Определить, сколько рабочих дней необходимо запланировать для производства \*\* :

- вторых 10 агрегатов;
- последних 10 агрегатов.

д) *определить* стоимость всего контракта, если он заключается на основе производительности, рассчитанной в пункте а)

---

\*\* Количество рабочих считать постоянным. Предприятие работает в две смены.

задания, прибыль и стоимость материалов оставалась постоянной по варианту, а стоимость трудовых ресурсов меняется в зависимости от приобретения навыков рабочими и для первого агрегата приведена в табл. 1.3.

Т а б л и ц а 1.3

Информация к расчету стоимости в у.е. (по номеру в списке)

|                  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Варианты</i>  | <i>1</i>  | <i>2</i>  | <i>3</i>  | <i>4</i>  | <i>5</i>  | <i>6</i>  | <i>7</i>  | <i>8</i>  | <i>9</i>  | <i>10</i> |
| Материалы        | 600       | 650       | 734       | 740       | 631       | 636       | 532       | 538       | 737       | 733       |
| Трудовые ресурсы | 350       | 300       | 211       | 212       | 315       | 316       | 417       | 418       | 219       | 220       |
| Прибыль (%)      | 10,0      | 10,5      | 10,2      | 10,3      | 10,7      | 10,6      | 10,1      | 10,8      | 10,9      | 10,4      |
| <i>Варианты</i>  | <i>11</i> | <i>12</i> | <i>13</i> | <i>14</i> | <i>15</i> | <i>16</i> | <i>17</i> | <i>18</i> | <i>19</i> | <i>20</i> |
| Материалы        | 580       | 620       | 570       | 590       | 630       | 660       | 670       | 640       | 700       | 710       |
| Трудовые ресурсы | 370       | 330       | 390       | 360       | 300       | 290       | 300       | 310       | 280       | 270       |
| Прибыль (%)      | 10,4      | 10,9      | 10,1      | 10,8      | 10,6      | 10,3      | 10,2      | 10,5      | 10,0      | 10,7      |

## 1.2. Методические указания

*Кривые обучения.* Одна из основных предпосылок в проектировании рабочих систем – это тот факт, что в человеческой деятельности важную роль обычно играет обучение и приобретение навыков в процессе деятельности. Следовательно, очень важно правильно предсказать, как обучение повлияет на время и затраты, необходимые для выполнения производственной операции. Выполнение человеком определенного вида работы обычно улучшается, когда работа выполняется на постоянной основе. *Кривые обучения* наглядно показывают это явление. Каждое удвоенное число повторений производственной операции имеет *постоянный процентный показатель* сокращения времени, которое необходимо для выполнения этой операции. Этот процентный показатель равно относится и к среднему времени, и к единице времени. Обычно показатель сокращения



времени производства варьируется от 10 % до 30 %. Кривые обучения принято описывать по *дополнениям* их показателей обучения. Например, кривая обучения 80 % показывает, что каждое удвоение в повторении производственной операции дает сокращение времени (среднего или времени на единицу) на 20 %. Степень улучшения и число повторений, необходимых для достижения максимального улучшения, прямо зависят от вида производимых работ, причем фактор обучения не играет большой роли в планировании однообразных рабочих операций, но становится весьма существенным для сложных, повторяющихся рабочих процессов. Важно понять, что сокращение времени на единицу становится все меньше по мере роста числа повторений процесса производства этой единицы. Для получения этих временных показателей можно использовать либо формулу, либо таблицу значений.

Рассмотрим сначала первый подход. Формула основана на существовании линейной связи между временем на единицу и числом единиц. Эти две переменные выражены логарифмами.

Время (т.е. непосредственное число рабочих часов, необходимых для производства единицы) для единицы номер  $n$  рассчитывается по следующей формуле

$$T_n = T_1 n^b, \quad (1.1)$$

где  $T_n$  – время для производства единицы  $n$ , в ед. времени;

$T_1$  – время производства первой единицы, в ед. времени;

$b = \ln(\text{процентного показателя обучения}) / \ln 2$ .

Для того, чтобы пользоваться данной формулой, необходимо знать время производства первой единицы и процентный показатель обучения. Например, для кривой обучения 80 % с  $T_1 = 10$  часов, время для производства 3-й единицы будет рассчитываться следующим образом:

$$T_3 = 10 \left( 3^{\ln 0,8 / \ln 2} \right), \text{ в ед. времени.}$$

Второй подход – использовать «фактор обучения», полученный из таблицы типа табл. 1.4. В таблице приведены два показателя для некоторых избранных показателей обучения. Один показатель – это значение *для единицы продукции* в каждом из указанных объемов выпуска. Оно поможет легко определить, сколько времени понадобится для производства одной единицы продукции. Второй показатель – *совокупное* значение, которое поможет рассчитать общее количество часов, необходимых для завершения любого данного числа повторений производственной операции. Расчет обоих показателей достаточно прост: нужно умножить значение из таблицы на время, необходимое для производства первой единицы.

Использование табл. 1.4. требует показателя времени для производства первой единицы. Если по каким-то причинам этот показатель неизвестен, или менеджер считает, что более надежен показатель для некоторой последующей, более поздней, единицы, то эту таблицу можно использовать для расчета начального значения и далее производить расчеты, как это было описано выше.

Теория кривых обучения нашла применение в нескольких сферах организации производства:

1. Планирование уровня рабочей силы и составление производственных графиков.
2. Осуществление закупок и снабжения.
3. Определение цен на новую продукцию.
4. Планирование бюджета, закупок и материально-производственных запасов производства.

Зная перспективы изменения объема выпуска в ситуации обучения, менеджеру будет легче принять правильное решение о том, сколько ему понадобится рабочих. Кривые обучения позволяют количественно рассчитать предполагаемые будущие улучшения.

Т а б л и ц а 1.4

## Коэффициенты кривой обучения

| Число единиц | 70 %         |             | 75 %         |             | 80 %         |             | 85 %         |             | 90 %         |             |
|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|              | Время на ед. | Общее время | Время на ед. | Общее время | Время на ед. | Общее время | Время на ед. | Общее время | Время на ед. | Общее время |
| <i>1</i>     | <i>2</i>     | <i>3</i>    | <i>4</i>     | <i>5</i>    | <i>6</i>     | <i>7</i>    | <i>8</i>     | <i>9</i>    | <i>10</i>    | <i>11</i>   |
| 1            | 1,000        | 1,000       | 1,000        | 1,000       | 1,000        | 1,000       | 1,000        | 1,000       | 1,000        | 1,000       |
| 2            | 0,700        | 1,700       | 0,750        | 1,750       | 0,800        | 1,800       | 0,850        | 1,850       | 0,900        | 1,900       |
| 3            | 0,568        | 2,268       | 0,634        | 2,384       | 0,702        | 2,502       | 0,773        | 2,623       | 0,846        | 2,746       |
| 4            | 0,490        | 2,758       | 0,562        | 2,946       | 0,640        | 3,142       | 0,723        | 3,345       | 0,810        | 3,556       |
| 5            | 0,437        | 3,195       | 0,513        | 3,459       | 0,596        | 3,738       | 0,686        | 4,031       | 0,783        | 4,339       |
| 6            | 0,398        | 3,593       | 0,475        | 3,934       | 0,562        | 4,299       | 0,657        | 4,668       | 0,762        | 5,101       |
| 7            | 0,367        | 3,960       | 0,446        | 4,380       | 0,534        | 4,834       | 0,634        | 5,322       | 0,744        | 5,485       |
| 8            | 0,343        | 4,303       | 0,422        | 4,802       | 0,512        | 5,346       | 0,614        | 5,936       | 0,729        | 6,574       |
| 9            | 0,323        | 4,626       | 0,402        | 5,204       | 0,493        | 5,839       | 0,597        | 6,533       | 0,716        | 7,290       |
| 10           | 0,306        | 4,932       | 0,385        | 5,589       | 0,477        | 6,315       | 0,583        | 7,116       | 0,705        | 7,994       |
| 11           | 0,291        | 5,223       | 0,370        | 5,958       | 0,462        | 6,777       | 0,570        | 7,686       | 0,695        | 8,689       |
| 12           | 0,278        | 5,501       | 0,357        | 6,315       | 0,449        | 7,227       | 0,558        | 8,244       | 0,685        | 9,374       |
| 13           | 0,267        | 5,769       | 0,345        | 6,660       | 0,438        | 7,665       | 0,548        | 8,792       | 0,677        | 10,052      |
| 14           | 0,257        | 6,026       | 0,334        | 6,994       | 0,428        | 8,092       | 0,539        | 9,331       | 0,670        | 10,721      |
| 15           | 0,248        | 6,274       | 0,325        | 7,319       | 0,418        | 8,511       | 0,530        | 9,861       | 0,663        | 11,384      |
| 16           | 0,240        | 6,514       | 0,316        | 7,635       | 0,410        | 8,920       | 0,522        | 10,383      | 0,656        | 12,040      |
| 17           | 0,233        | 6,747       | 0,309        | 7,944       | 0,402        | 9,322       | 0,515        | 10,898      | 0,650        | 12,690      |
| 18           | 0,226        | 6,973       | 0,301        | 8,245       | 0,394        | 9,716       | 0,508        | 11,405      | 0,644        | 13,334      |
| 19           | 0,220        | 7,192       | 0,295        | 8,540       | 0,388        | 10,104      | 0,501        | 11,907      | 0,639        | 13,974      |
| 20           | 0,214        | 7,407       | 0,288        | 8,828       | 0,381        | 10,485      | 0,495        | 12,402      | 0,634        | 14,608      |

| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 21       | 0,209    | 7,615    | 0,283    | 9,111    | 0,375    | 10,860   | 0,490    | 12,892   | 0,630     | 15,237    |
| 22       | 0,204    | 7,819    | 0,277    | 9,388    | 0,370    | 11,230   | 0,484    | 13,376   | 0,625     | 15,862    |
| 23       | 0,199    | 8,018    | 0,272    | 9,660    | 0,364    | 11,594   | 0,479    | 13,856   | 0,621     | 16,483    |
| 24       | 0,195    | 8,213    | 0,267    | 9,928    | 0,359    | 11,954   | 0,475    | 14,331   | 0,617     | 17,100    |
| 25       | 0,191    | 8,404    | 0,263    | 10,191   | 0,355    | 12,309   | 0,470    | 14,801   | 0,613     | 17,713    |
| 26       | 0,187    | 8,591    | 0,259    | 10,449   | 0,350    | 12,659   | 0,466    | 15,267   | 0,609     | 18,323    |
| 27       | 0,183    | 8,774    | 0,255    | 10,704   | 0,346    | 13,005   | 0,462    | 15,728   | 0,606     | 18,929    |
| 28       | 0,180    | 9,954    | 0,251    | 10,955   | 0,342    | 13,347   | 0,458    | 16,186   | 0,603     | 19,531    |
| 29       | 0,177    | 9,131    | 0,247    | 11,202   | 0,338    | 13,685   | 0,454    | 16,640   | 0,599     | 20,131    |
| 30       | 0,174    | 9,305    | 0,244    | 11,460   | 0,335    | 14,020   | 0,450    | 17,091   | 0,596     | 20,727    |
| 31       | 0,171    | 9,476    | 0,240    | 11,686   | 0,331    | 14,351   | 0,447    | 17,538   | 0,593     | 21,320    |
| 32       | 0,168    | 9,644    | 0,237    | 11,924   | 0,328    | 14,679   | 0,444    | 17,981   | 0,590     | 21,911    |
| 33       | 0,165    | 9,809    | 0,234    | 12,158   | 0,324    | 15,003   | 0,441    | 18,422   | 0,588     | 22,498    |
| 34       | 0,163    | 9,972    | 0,231    | 12,389   | 0,321    | 15,324   | 0,437    | 18,859   | 0,585     | 23,084    |
| 35       | 0,160    | 10,133   | 0,229    | 12,618   | 0,318    | 15,643   | 0,434    | 19,294   | 0,583     | 23,666    |
| 36       | 0,158    | 10,291   | 0,226    | 12,844   | 0,315    | 15,958   | 0,432    | 19,725   | 0,580     | 24,246    |
| 37       | 0,156    | 10,447   | 0,223    | 13,067   | 0,313    | 16,271   | 0,429    | 20,154   | 0,578     | 24,824    |
| 38       | 0,154    | 10,601   | 0,221    | 13,288   | 0,310    | 16,581   | 0,426    | 20,580   | 0,575     | 25,399    |
| 39       | 0,152    | 10,753   | 0,219    | 13,507   | 0,307    | 16,888   | 0,424    | 21,004   | 0,573     | 25,972    |
| 40       | 0,150    | 10,902   | 0,216    | 13,723   | 0,305    | 17,193   | 0,421    | 21,425   | 0,571     | 26,543    |

Осуществление закупок и материального снабжения производства предполагает заключение контрактов на поставку особо сложных деталей и комплектующих. Стоимость труда на каждую единицу такой продукции тем меньше, чем больше объем заказа. Поэтому стороны, ведущие переговоры о поставках обговаривают сначала размер партии поставки, а уже затем на ее основе договариваются о цене. Если контракт разрывается до его полного выполнения и отгрузки всех заказанных изделий, то поставщики могут использовать данные кривых обучения, чтобы потребовать увеличения оплаты за единицу продукции при меньшем объеме производства, чем это оговорено в контракте.

Руководству предприятия часто приходится устанавливать цену на свое новое изделие или услугу, основываясь на данных о производстве первых нескольких единиц. Делать обобщения на основе стоимости первых нескольких единиц продукции, значит определить гораздо более высокую цену, чем она окажется после производства больших объемов продукции. Однако кривые обучения помогают руководителю предприятия избежать не только переоценки стоимости товара, но и недооценки. Можно проверить начальные показатели с помощью уже имеющихся данных по фактору обучения на предприятии, или же можно произвести анализ начальных результатов.

Принципы кривой обучения можно также использовать и для оценки работы новых сотрудников в период обучения. Показатели работы каждого сотрудника измеряются и наносятся на график. После этого их можно сравнивать со средним нормативом обучения. По результатам сравнения легко определить квалификацию рабочего: недостаточная, средняя или избыточная для данного типа работы. Кроме того, это поможет предсказать, сможет ли рабочий выполнить контрольные нормативы, через положенный период времени.

Но кривые обучения имеют ограничения в своем применении и возможные «ловушки». Поэтому менеджер, использующий их в своей работе, должен знать, что показатели обу-

чения для различных предприятий и для разных видов рабочих процессов неодинаковы. Поэтому везде, где это только возможно, необходимо строить свои расчеты на эмпирических данных, а не на предположениях. Все прогнозы, основанные на кривых обучения, следует считать приближениями от реальных показателей. Используя кривые обучения, нельзя забывать о влиянии предыдущего опыта: навык или просто знакомство со сходным типом деятельности может снизить начальные временные показатели, но скорость обучения остается прежней. В условиях массового производства этот подход можно использовать только на начальном этапе, чтобы предсказать, сколько времени уйдет на стабилизацию процесса.

## **2. РАЗМЕЩЕНИЕ И ПЛАНИРОВКА**

### **2.1. Построение диаграммы активности и размещение на площадке**

#### *Задание*

Необходимо используя информацию из матрицы соответствия (табл. 2.1) и условные обозначения, приведенные на рис. 2.1, а также данные по своему варианту из табл. 2.2:

- а) изменить коды на рис. 2.1 в соответствии с табл. 2.1;
- б) на основании рис. 2.1 построить графическую диаграмму активности; используя в качестве образца, рис. 2.3, а;
- в) используя информацию о занимаемой отделами площади и диаграмму активности, разместить объекты на площадке размерами  $X$  на  $Y$ .

Т а б л и ц а 2.1

## Матрица соответствия

| Помещения                        | Номера причин назначения |     |   |   |   |   |   |   |
|----------------------------------|--------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|
|                                  | 1                        | 2   | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. Офисное здание                |                          | 6   |   |   |   |   | 5 | 4 |
| 2. Прием и контроль              | 2                        |     |   |   |   |   | 2 |   |
| 3. Разделка заготовок            |                          | 1,3 |   | 6 |   |   |   |   |
| 4. Черновая обработка            |                          |     | 3 |   |   |   |   |   |
| 5. Очистка и станочная обработка |                          |     |   | 3 |   | 5 |   |   |
| 6. Сборка фрагментов             |                          |     |   |   | 3 |   | 2 |   |
| 7. Покраска и сушка              |                          |     |   |   |   |   |   | 3 |
| 8. Конечная обработка            |                          |     |   |   |   |   |   |   |

Т а б л и ц а 2.2

## Размеры площадки и помещений

| Помещения<br>(тыс. м <sup>2</sup> ) | Варианты |          |          |          |          |          |          |          |           |           |
|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
|                                     | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9         | 0         |
| <i>l</i>                            | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> |
| 1. Офисное здание                   | 1,0      | 1,0      | 0,7      | 1,8      | 0,8      | 1,6      | 1,4      | 1,6      | 1,2       | 1,5       |
| 2. Прием и контроль                 | 1,5      | 3,6      | 1,3      | 2,4      | 1,2      | 2,6      | 1,2      | 3,0      | 1,4       | 1,3       |
| 3. Разделка заготовок               | 0,5      | 2,4      | 1,2      | 2,5      | 1,1      | 2,7      | 0,8      | 2,4      | 1,2       | 1,7       |
| 4. Черновая обработка               | 3,0      | 1,5      | 0,7      | 2,5      | 0,8      | 1,9      | 0,9      | 1,8      | 1,5       | 2,0       |
| 5. Очистка и станочная обработка    | 2,0      | 1,8      | 0,7      | 2,0      | 0,8      | 1,8      | 0,6      | 1,5      | 1,0       | 2,0       |
| 6. Сборка фрагментов                | 1,8      | 1,6      | 0,4      | 1,2      | 0,3      | 1,0      | 0,5      | 0,8      | 0,8       | 1,0       |

| <i>I</i>  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 7. Покраска и сушка                                       | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,9 | 0,4 | 1,1 | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2,0 |
| 8. Конечная обработка                                     | 0,8 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 1,2 | 1,0 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,5 |
| Площадка, м (проезды, меньше 5 м шириной, не планировать) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| <i>X</i>  | 120 | 130 | 80  | 140 | 90  | 140 | 90  | 130 | 140 | 100 |
| <i>Y</i>  | 120 | 130 | 100 | 140 | 110 | 130 | 100 | 130 | 120 | 150 |

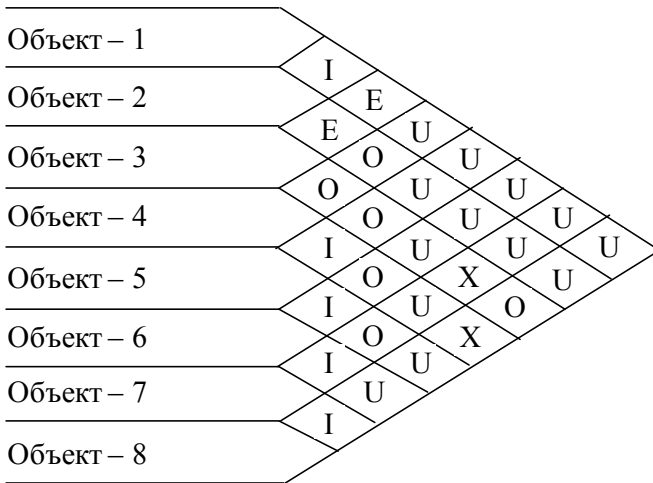


Рис. 2.1. Диаграмма активности связей между помещениями

**Пример.** На последующих рисунках показана последовательность решения задания на примере предприятия, состоящего из пяти отделов.

**Решение.** Цель анализа, проводимого для размещения и компоновки оборудования, – оптимизировать его по отношению к некоторому критерию, т.е. разместить элементы системы таким образом, чтобы они находились тем ближе друг к другу, чем выше частота или важность отношений между ни-



ми. Часто применяется следующее правило: начинать с самого важного элемента (или элемента, имеющего наибольшую частоту связи с другими) и располагать его в центре диаграммы. Затем выбирается элемент, имеющий самое частое отношение к первому, и располагается рядом с ним. Эти элементы соединяются линией. Чтобы охарактеризовать эти отношения линию можно пометить числом, соответствующим количественной оценке этого отношения, либо это можно показать параллельными линиями. Тогда следующий по важности элемент, который нужно ввести в диаграмму, выбирается на основании его отношений с первыми двумя. Эта процедура продолжается до тех пор, пока все элементы и их отношения не будут представлены на диаграмме. Используя формализованную процедуру (диаграмму Мазера, рис.2.2), стремятся минимизировать расстояние и не допустить пересечения линий.

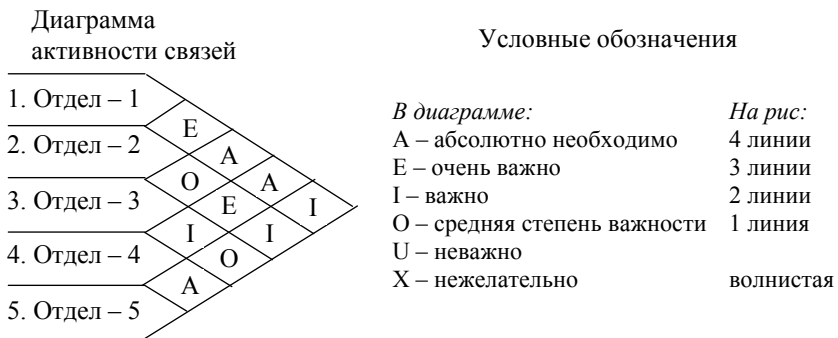
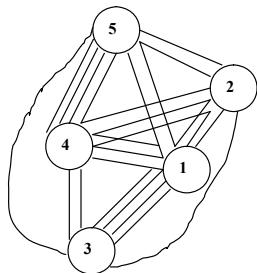
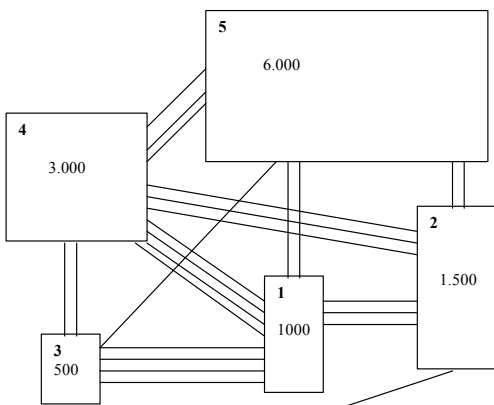


Рис. 2.2. Диаграмма Мазера И условные обозначения

а) Диаграмма активности связей



б) Диаграмма относительного расположения на площадке



в) Пример расположения отделов на площадке размером 100×150 м с проездами по 10 м между зданиями (обратите внимание, что отдел 1 занимает больше места, чем требовалось)

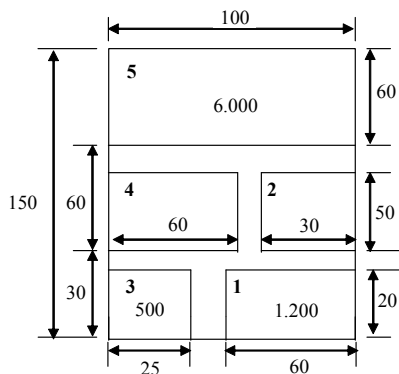


Рис. 2.3. Пример размещения на площадке

## 2.2. Минимизация затрат на перемещение

### Задание

Предположим, что на фабрике для минимизации затрат на перемещение нужно сформировать восемь участков. Для упрощения примем, что все участки равны по площади (примерно  $12 \times 12$  м) и что ширина здания 24 м, а длина 48 м (размеры участков должны быть соизмеримы с размерами здания).

Будем считать, что все материалы транспортируются в стандартных тарных решетчатых ящиках с помощью автопогрузчика с вилковым захватом, перемещение одного ящика (тарного места) требует одного автопогрузчика, что составляет один «пакет» («пакет» – мера загрузки). Теперь предположим, что транспортные расходы составляют 1 доллар при перемещении одного пакета между соседними участками и 1 доллар дополнительно при каждом пересечении границ между смежными участками. Ожидаемый объем транспортируемого груза в пакетах между участками за единицу времени представлены в виде таблицы на рис. 2.4; имеющиеся в наличии производственные площади показаны на рис. 2.5. Следует отметить, что в нашем примере допускаются диагональные перемещения, поэтому участки 2 и 3, 3 и 6 считаются смежными.

|   | 1 | 2   | 3  | 4   | 5  | 6   | 7   | 8   |
|---|---|-----|----|-----|----|-----|-----|-----|
| 1 |   | 175 | 50 | 0   | 30 | 200 | 20  | 25  |
| 2 |   |     | 0  | 100 | 75 | 90  | 80  | 90  |
| 3 |   |     |    | 17  | 88 | 125 | 99  | 180 |
| 4 |   |     |    |     | 20 | 5   | 0   | 25  |
| 5 |   |     |    |     |    | 0   | 180 | 187 |
| 6 |   |     |    |     |    |     | 374 | 103 |
| 7 |   |     |    |     |    |     |     | 7   |
| 8 |   |     |    |     |    |     |     |     |

Рис. 2.4. Материальный поток между участками (число перемещений)

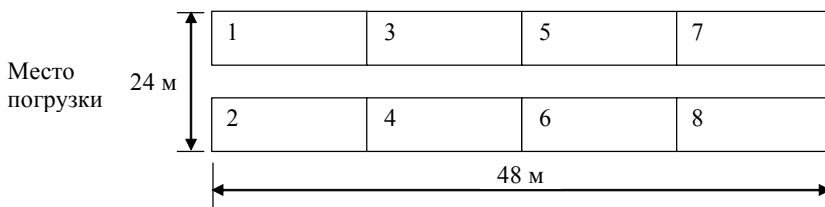


Рис. 2.5. Размеры здания и расположение участков

Используя критерий минимизации транспортных издержек расположите отделы в помещении, изображенном на рис. 2.5.

### 2.3. Методические указания.

#### Стоимость транспортирования как критерий размещения

На конечный выбор размещения влияет большое количество факторов. Один из них – транспортировка. Для начала рассмотрим только стоимость транспортировки. Она возникает, когда необходимо переместить материал из одного отдела в другой, или потребностью персонала совершать работу в разных отделах.

Часто предполагается, что затраты на транспортировку пропорциональны между 2 отделами. На фабриках, например, стоимость загрузки и отгрузки может быть определена, если установлен размер партии. Производственное помещение часто отбирается с помощью минимизации общих затрат на перемещение, на передвижение  $M$ , которое является продуктом объема  $V$ , веса  $W$ , и расстояния  $D$ :

$$M = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T_i} (V_{it} W_{it} D_{it}), \quad (2.1)$$

где  $M$  – мера погрузочно-разгрузочных работ;

$i$  – продукт или компонент, который необходимо рассмотреть;

$n$  – число продуктов или компонентов, которые необходимо рассмотреть;

$t$  – индивидуальные передачи, которые должны быть выполнены между отделами;

$T_i$  – общее количество необходимых транспортировок.

Единственный способ изменить стоимость транспортировки – это изменить объём товаров, перемещаемых за каждую поездку и таким образом изменить число поездок. Стоимость

за единицу расстояния на различных стадиях может быть различной. На предприятии, например, которое делает стулья, более дорогим является перемещение древесины, чем уже готовых деталей. Когда стоимость за единицу перемещения изменяется, более важную роль начинают играть деньги, чем расстояние.

## **2.4. Планировка офиса**

Обычно вес перемещаемых изделий не является основой анализа в офисах, относящихся к сфере оказания услуг, и в административных областях промышленных предприятий. Значительная часть офисной работы является интеллектуальным трудом, который включает обмен и обработку информации. Некоторые отделы или подгруппы должны быть расположены около других, поскольку они преобразовывают, используют одну картотеку или обмениваются исходными документами. Информационные технологии, например, использование рассредоточенных компьютеров с доступом к центральным базам данных, электронной почте, факсу и электронный обмен данными (EDI) существенно уменьшили необходимость размещения некоторых видов работы рядом с другими. Некоторые работники, например, программисты и аналитики «осуществляют дистанционный доступ» или работают у себя дома, по крайней мере, частично, и связываются с организацией посредством электроники. Но большинство офисных работников имеют постоянное рабочее место в самом офисе, и для них должно быть предусмотрено рабочее пространство.

Общие методы офисной планировки включают несколько шагов. Объем работ спрогнозирован, и он должен быть преобразован в необходимую производительность (количество рабочих и оборудования) для каждого отдела или рабочей группы. В пределах рабочего пространства каждого отдела требуется разместить определенное число работников.

Пространство увеличивается на число конференц-залов или других залов совещаний, вспомогательных помещений (туалет, кафетерий, почта, помещение технического обслуживания, хранилище). Необходимое пространство найдено и распределено для рабочих групп, занимающихся расчетными операциями. Позиция каждой группы по отношению к другим зависит от некоторых критериев, например, потребность в прямом контакте или доставке документов между группами.

Потребность одной группы находиться около другой иногда называется «ближайший приоритет». Рис. 2.6 демонстрирует удобную сетку, разработанную Р. Мазером. Ромбовидные ячейки в правой части сетки сформированы пересечением линий, представляющих два отдела. Буквы (*a, e, i, o, u, x*), используются, чтобы указать степень важности близости размещения двух отделов около друг друга. Иногда также используются числа в ромбах, чтобы указать причину приоритета близости.

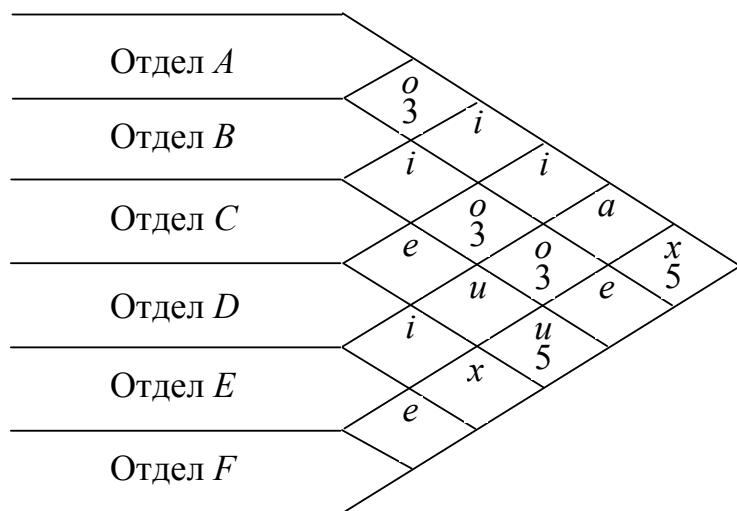


Рис. 2.6. Важности близости расположения на диаграмме Мазера

Расшифровка обозначений на рис. 2.6 приведена в табл. 2.3.

Т а б л и ц а 2.3

| Важности близости расположения | Степень важности         | Номер причины назначения | Возможные причины                           |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| <i>a</i>                       | Абсолютно необходимо     | 1                        | использование одного и того же оборудования |
| <i>e</i>                       | Очень важно              | 2                        | общий персонал / база данных                |
| <i>i</i>                       | Важно                    | 3                        | последовательность потока работы            |
| <i>o</i>                       | Средняя степень важности | 4                        | легкость обмена информацией                 |
| <i>u</i>                       | Неважно                  | 5                        | опасные, неприятные условия                 |
| <i>x</i>                       | Нежелательно             | 6                        | выполнение сходных операций                 |

Офисы стали более гибкими. Много компаний используют понятие «открытой планировки» с модульными офисными отделами, воздвигнутыми, чтобы разделять рабочие позиции. Это понятие предлагает большую экономию и гибкость, чем фиксированное деление конструкции. Необходимо позаботиться об использовании звукопоглощающих материалов, чтобы шум находился ниже раздражающего уровня. Некоторые офисные модули показаны на рис. 2.7.

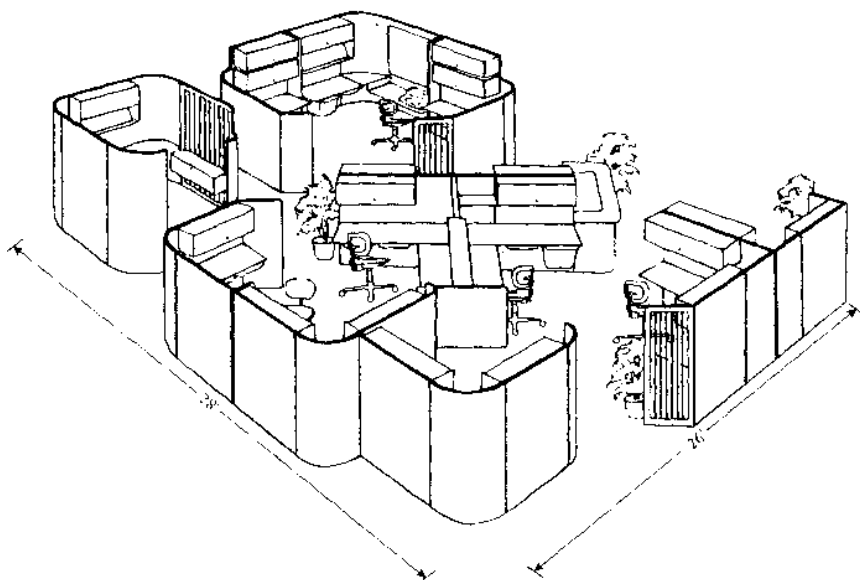


Рис.2.7. Модульный офис

**Использование компьютеров в офисной планировке.** Интегрированный подход, который используется некоторыми компьютерными программами, может быть применен к офисной планировке. Этот подход включает существенный объем взаимодействий между аналитиком и серией из трех компьютерных программ для разработки предварительных планировок. Начальная стадия включает в себя получение совокупности данных анкетным опросом для определения примеров коммуникации и использования общих данных, оборудования, залов совещаний. Эти данные получаются как для каждого работника, так и для рабочих групп организации.

Следующая стадия анализа включает группировку объектов в кластеры, имеющие высокую степень взаимодействия. Большая гибкость демонстрируется данной системой. Аналитик может выбирать из пяти различных эвристических процедур, чтобы делить до 100 объектов в группы. Объекты могут



быть определены в качестве единицы персонала, сектора, отдела, или другой организационной структуры. Система поставляет данные для сопоставления объема взаимодействий внутри рабочей группы и между группами. Аналитик должен проявить проницательность, чтобы определить, когда найдены наиболее желательные способы группировки.

Последняя стадия подхода включает в себя нахождение альтернативные офисные размещения для местоположения групп. Аналитик должен определить входные данные, используемые для определения требуемой рабочими группами занимаемой площади и для точного определения любых помещений (мест), которые должны остаться неизменными. Другая программа генерирует блок-схемы размещения оборудования, используя результат, полученный при сравнении степени взаимодействия объектов между собой и расстояний между этими взаимодействующими объектами, чтобы оценить их эффективность.

### **3. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ**

#### **3.1. Управление запасами. Независимый спрос**

*Задание*

##### **Вариант 1**

Менеджер магазина, который продает канцелярские принадлежности, установил уровень обслуживания 96 % для определенной модели телефонного автоответчика. В год продают примерно 300 автоответчиков этой модели. Стоимость хранения \$5 за единицу, стоимость заказа \$25 и  $\sigma_{dLT} = 7$ .

1. Какое среднее число недостающих единиц в год будет соответствовать заданному годовому уровню обслуживания?
2. Какое среднее число недостающих единиц в год обеспечит желаемый годовой уровень обслуживания?
3. Какой уровень обслуживания во время исполнения заказа необходим для годового уровня обслуживания 96 %?

## Вариант 2

Хозяйственный отдел мотеля использует около 400 купальных полотенец в день. Фактический спрос меняется в зависимости от числа постояльцев. Потребление приближается к нормальному распределению со средним значением 400 и стандартным отклонением 9 полотенец в день. Компания, поставляющая в мотель полотенца и постельное белье, осуществляет поставки за 3 дня. Мотель ежедневно использует примерно 600 кусков мыла. Это количество практически не меняется (не более чем на несколько кусков мыла в день). Время поставки мыла подчиняется нормальному закону со средним значением 6 дней и стандартным отклонением 2 дня. Желаемый уровень обслуживания – 90 %. Мотель заменяет разбитые стаканы по 25 штук в день. Было замечено, что это количество изменяется нормально со стандартным отклонением 3 стакана в день. Поставщик стаканов расположен в другом городе. Время поставок распределено нормально со средним значением 10 дней и стандартным отклонением 2 дня.

1. Если мотель готов допустить риск исчерпания запасов не более 2 %, то каково минимальное число полотенец в наличных запасах в момент возобновления заказа, и какая часть от этого количества является резервным запасом?

2. Найдите точку возобновления заказа для мыла.

3. Найдите точку возобновления заказа стаканов для уровня обслуживания 95 %.

## Вариант 3

Корпорация, производитель турбин, работает по 18 часов в сутки, 300 дней в году. Титановые лопасти могут изготавливаться на установке по производству турбинных лопастей №1 (ТВМ1); производительность этой установки – 500 лопастей в час, а среднее их потребление – 5000 единиц в день. Стоимость лопастей – \$15 за одну единицу, а издержки хранения

составляют \$0,10 в день за одну единицу (страховка, проценты на капиталовложения, выделение места для хранения). Стоимость подготовительных (пуско-наладочных) работ, связанных с каждым очередным запуском в работу установки ТВМ1, составляет \$250. Время выполнения заказа таково, что производство лопастей должно возобновляться после того, как уровень запаса снизится до 500 лопастей. Какой еще вариант производственного цикла для ТВМ1 возможен в данном случае?

#### **Вариант 4**

Компания Magnetron производит микроволновые печи для коммерческого рынка. В настоящее время она изготавливает в одном из своих производственных цехов изделие 2104, которое используется для изготовления другого узла. Потребность в изделии 2104 на следующий год оценивается в 20 тысяч штук. Стоимость изделия 2104 составляет \$50, а суммарные издержки хранения одного изделия 2104 составляет \$8 за год. Стоимость подготовки заказа и выполнения пусконаладочных работ составляет \$200. Завод работает 250 дней в году. Сборочная линия по изготовлению узлов, в которых используется изделие 2104, также работает 250 дней в году, изготавливая 80 узлов, а производственный цех, где выпускается изделие 2104, изготавливает 160 таких изделий в день.

1. Подсчитайте экономичный размер заказа.
2. Сколько заказов нужно размещать каждый год?
3. Если бы изделие 2104 можно было покупать в другой фирме (при тех же затратах, о которых говорилось выше), каким должен быть размер заказа? Все заказанные изделия можно получать сразу же.
4. Если среднее время выполнения заказа другой фирмой составляет 10 рабочих дней, а уровень резервного запаса составляет 500 штук, какой должна быть точка очередного заказа?

## Вариант 5

Склад RW является независимым поставщиком предметов домашнего обихода в магазины. RW пытается поддерживать у себя такой запас товаров, который удовлетворял бы 98 % запросов со стороны его клиентов. Комплект ножей из нержавеющей стали является одним из элементов запасов RW. Потребность (2400 комплектов в год) относительно стабильна на протяжении всего года. Когда заказывается новая партия, покупатель вначале должен определить величину наличного запаса, а затем заказать по телефону новую партию. Общая стоимость размещения заказа составляет \$5. По оценкам RW, хранение запаса, выплата процентов по заемному капиталу, страховки и т.п. добавляют к стоимости хранения примерно \$4 за одно изделие в течение года. Анализ данных за прошедший период показывает, что стандартное отклонение потребности со стороны розничных торговцев составляет примерно 4 комплекта в день (предполагается, что в году работают все 365 дней).

1. Каков экономичный размер заказа?
2. Какова точка очередного заказа?

## Вариант 6

Дистрибьютору крупных электробытовых товаров требуется определить объемы заказов и точки очередного заказа для различных продуктов, которые хранятся у него на складе.

Приведенные ниже данные относятся к определенной модели холодильника в перечне товаров, которыми торгует этот дистрибьютор.

|   |                   |
|---|-------------------|
| Затраты на размещение заказа                  | \$150             |
| Затраты на хранение запаса<br>продукта за год | 25 % от стоимости |
| Стоимость холодильника                        | \$500             |
| Годовая потребность                           | 600 холодильников |

Стандартное отклонение за период выполнения заказа 15 холодильников  
 Период выполнения заказа 6 дней  
 Рассмотрите случай постоянной суточной потребности и с числом рабочих дней в году – 360.

1. Подсчитайте экономичный размер заказа.
2. Если дистрибьютор хочет удовлетворить 98 % своей потребности, какой должна быть точка очередного заказа,  $R$ ?

### Вариант 7

Андрею принадлежит фирма, которая занимается пошивом чехлов для автомобильных сидений и изготавливает один стандартный тип чехла для большого числа моделей авто. Андрей хочет внедрить у себя такую систему управления запасами этих стандартных чехлов, в которой использовалась бы концепция точки очередного заказа. С помощью приведенной ниже информации определите оптимальный размер заказа и точку повторного заказа.

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Годовая потребность                         | 4000                          |
| Стандартное отклонение суточной потребности | 8 чехлов за один рабочий день |
| Стоимость изделия                           | \$40 за один час              |
| Годовые затраты на хранение изделия         | 35 % от стоимости             |
| Затраты на размещение заказа                | \$50 на один заказ            |
| Уровень обслуживания                        | 97 %                          |
| Время выполнения заказа                     | 3 рабочих дня                 |
| Рабочих дней                                | 310 за год                    |

### Вариант 8

Будучи заведующим автомобильного отдела универмага вы отвечаете за то, чтобы правильно устанавливались величины

повторных заказов на различные автомобильные аксессуары. Непрерывно действующая система управления запасами была внедрена вашими предшественниками. Вы анализируете данные этой системы, а также другие записи, которые имеются в вашем распоряжении. В результате вырисовывается следующая картина.

|   |                    |
|---|--------------------|
| Стоимость одной шины                        | \$35               |
| Издержки хранения запаса                    | 20 % от стоимости  |
| шины за год                                 |                    |
| Потребность                                 | 1000 в год         |
| Затраты на размещение заказа                | \$20 на один заказ |
| Стандартное отклонение суточной потребности | 3 шины             |
| Период выполнения заказа                    | 4 дня              |

Поскольку покупатели, как правило, не ожидают поступления шин (если их нет на складе), а отправляются искать их в другом месте, вы принимаете решение обеспечивать уровень обслуживания 98 %.

1. Определите объем заказа.
2. Определите точку повторного заказа.

### **3.2. Модель экономического объема заказа (EOQ)**

Вопрос об объеме заказа решается с помощью моделей экономического объема заказа (EOQ). Модель EOQ определяет оптимальный объем заказа путем минимизации годовых расходов, которые зависят от объема заказа. Существует 3 основные модели, определяющие объем заказа:

- а) модель экономического объема заказа (EOQ);
- б) модель экономического объема заказа с постепенным пополнением запасов;
- в) модель количественных скидок.

Рассмотрим модель EOQ. Первая модель самая простая. Она используется для определения такого объема заказов, который даст минимальную годовую стоимость хранения запасов и выполнения заказов (рис. 3.1). При этом закупочная

стоимость товаров не включается в общий показатель, так как на нее не влияет объем заказа, если только не действуют количественные скидки. Если стоимость товара выражается как процент от стоимости товаров, тогда стоимость товаров включается в общую стоимость как часть стоимости хранения. Основная модель имеет несколько основных условий и предпосылок, некоторые из которых можно назвать идеалистичными:

- Все расчеты относятся только к одному виду товаров;
- Известны нормы годового спроса;
- Спрос распределяется равномерно по всему годовому периоду, уровень потребления относительно стабилен;
- Время исполнения заказа не меняется;
- Каждый заказ поступает единой поставкой.

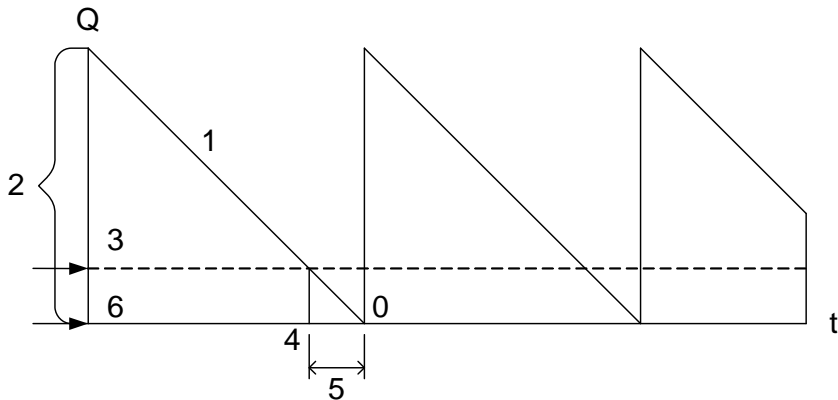


Рис. 3.1. Потребление запасов:

1 – темп потребления запасов; 2 – количество запасов на складе; 3 – точка возобновления заказов; 4 – сделать заказ; 5 – срок исполнения заказов; 0 и 6 – заказ получен

Цикл начинается с получения заказа на  $Q$  единиц, которые расходуются с постоянной скоростью в течение определенного времени. Когда остается объем запасов, достаточный, что-

бы удовлетворить текущий спрос в течение времени осуществления заказа, то поставщики отправляют заказ на партию в  $Q$  единиц. Поскольку изначально задано, что скорость поступления заказов и расходы, связанные с запасами, постоянны, то заказ будет получен в тот момент, когда наличный уровень запасов будет равен 0. Заказы распределяются так, чтобы избежать как избыточных, так и недостаточных количеств запасов. Оптимальный объем заказов – компромисс между стоимостью хранения и стоимостью выполнения заказов. С изменением объема заказа один вид расходов возрастает, а второй уменьшается. Годовая стоимость хранения вычисляется умножением среднего уровня наличных запасов на годовую стоимость хранения единицы товара, даже если данная единица не будет храниться на складе целый год. Средний уровень запасов – это просто половина объема заказов:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{н}} + Q_{\text{к}}}{2}, \text{ ед. (шт.)},$$

где  $Q_{\text{ср}}$  – средний уровень запасов, ед.(шт.);

$Q_{\text{н}}$  – начальный уровень запасов, ед.(шт.);

$Q_{\text{к}}$  – конечный уровень запасов, ед.(шт.).

Годовую среднюю стоимость содержания одной единицы запаса обозначим  $H$ . Тогда *годовая стоимость хранения*

$$A = \frac{Q}{2} \cdot H,$$

где стоимость хранения  $A$  является линейной функцией от  $Q$ .

*Годовая стоимость заказа*



$$B = \frac{D}{Q} \cdot S,$$

где  $D$  – годовой спрос, ед.(шт.);  $S$  – стоимость заказа, руб.

*Общие годовые расходы* (рис. 3.2):

$$TC = A + B = \frac{Q}{2} \cdot H + \frac{D}{Q} S, \text{ руб.}$$

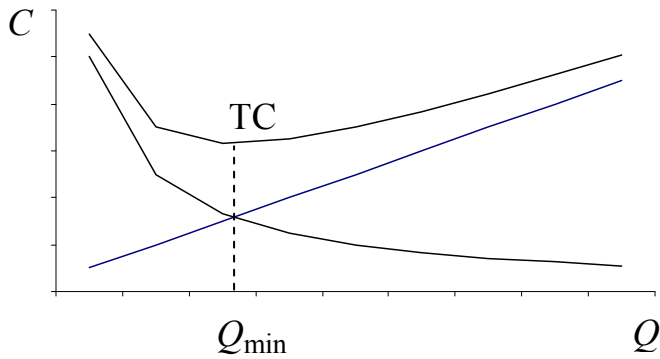


Рис 3.2. Общие годовые расходы

*Оптимальный объем заказа* (рис. 3.2):

$$Q_o = Q_{min} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}.$$

### 3.3. Когда возобновлять заказы при использовании модели EOQ?

Модель EOQ показывает, сколько необходимо заказать товаров, но не отвечает на вопрос, когда заказывать. Это задача моделей, которые определяют точку возобновления заказов (reorder point – ROP), выраженную количественно. Точка возобновления заказа приходится на тот момент, когда наличные запасы падают до определенного уровня. Этот показатель обычно включает в себя предполагаемый спрос (потребности) на время исполнения заказа и возможно небольшой резервный запас для того, чтобы предотвратить риск исчерпания запасов во время исполнения заказа. Основная задача менеджера – сделать заказ тогда, когда объем наличных запасов достаточен для удовлетворения спроса в течение времени, необходимого для получения этого заказа, т.е. времени исполнения этого заказа.

Существует несколько ограничений, определяющих количество запасов в точке возобновления заказов:

- 1) уровень спроса или темпы потребления (на основе прогнозов);
- 2) продолжительность времени исполнения заказов;
- 3) показатель возможного изменения спроса;
- 4) приемлемая для руководства степень риска исчерпания запасов.

Если спрос и время выполнения заказов постоянны, тогда точка возобновления заказов рассчитывается как

$$ROP = LT \cdot d ,$$

где  $d$  – ежедневный (еженедельный спрос), ед.(шт.);

$LT$  – время исполнения заказа в днях (неделях).

Когда показатели спроса либо времени исполнения заказа подвержены изменениям, то возникает вероятность, что фактический спрос превысит ожидаемый. Соответственно становится необходимым создание и поддержание дополнительно-

го запаса, чтобы уменьшить риск исчерпания ресурсов в период исполнения заказов. Этот запас называется резервным запасом. В этом случае точка возобновления заказов поднимется на величину резервного запаса, т.е.

$$ROP = \text{ожидаемый спрос в период исполнения заказа} + \\ + \text{резервный запас.}$$

Если в любой момент цикла возникает экстренная необходимость в материальных ресурсах, это служит сигналом возобновления заказов. Уровень обслуживания резервного запаса дорог. Поэтому менеджер должен тщательно взвесить соотношения: поддержание резервного запаса или снижение риска исчерпания ресурсов за счет *резервного запаса*. Необходимо помнить, что снижение риска исчерпания ресурсов ведет к повышению уровня обслуживания потребителей. Поэтому уровень обслуживания в цикле заказа можно определить как вероятность того, что спрос не превысит наличных запасов в период исполнения заказов, т.е. объем наличных запасов достаточен для удовлетворения спроса. Для каждого уровня обслуживания в цикле заказа объем резервного запаса должен быть тем больше, чем выше изменчивость показателей спроса или времени исполнения заказа.

Существует несколько моделей, которые учитывают изменчивость показателей. Если известен ожидаемый спрос в период исполнения заказа и его стандартное отклонение, то точку возобновления заказа можно определить как

$$ROP = \text{ожидаемый спрос в период исполнения заказа} + \\ + z \cdot \sigma dLT .$$

где  $z$  – число стандартных отклонений;

$\sigma dLT$  – стандартное отклонение спроса за время исполнения заказа, ед. (шт.).

Модель предполагает, что изменение спроса или времени исполнения заказа можно адекватно описать нормальным распределением. Тем не менее, это не жесткое требование. Модели позволяют приблизительно определять точки возобновления заказа. Даже если распределение отлично от нормального.

Значение  $z$  определяется тем, какую степень риска исчерпания запаса менеджер считает приемлемой. Чем меньше допустимый риск, тем больше значение  $z$ . Чтобы получить значение  $z$  для данного уровня обслуживания в период исполнения заказа, необходимо пользоваться специальной таблицей (приложение В).

Если нет данных о спросе во время исполнения заказа, то формула не может быть использована. Тем не менее, обычно бывают известны данные при ежедневном или еженедельном спросе или о сроке исполнения заказа. Используя эти данные, менеджер может определить, насколько стабильны показатели спроса и сроков исполнения заказов. Если эти (один или оба) показатели изменяются, можно узнать стандартные отклонения изменения этих показателей.

В данной ситуации можно пользоваться одной из формул.

*Если изменяется только спрос, тогда*

$$\sigma dLT = \sqrt{LT} \cdot \sigma d$$

*и точка возобновления заказа*

$$ROP = \bar{d}LT + z\sqrt{LT} \sigma d, \text{ ед. (шт.)},$$

где  $\bar{d}$  – средний дневной или недельный спрос;

$\sigma d$  – стандартное отклонение спроса в день или неделю;

$LT$  – время исполнения заказа в днях или неделях.

*Если изменяется только срок исполнения заказа, тогда*

$$\sigma dLT = d \cdot \sigma LT,$$

*точка возобновления заказа*

$$ROP = d \cdot \overline{LT} + Z \cdot d\sigma_{LT},$$

где  $d$  – дневной/недельный спрос, ед. (шт.);

$\overline{LT}$  – среднее время исполнения заказов;

$\sigma_{LT}$  – стандартное отклонение срока исполнения заказов.

*Если изменяется спрос и время исполнения заказа, тогда*

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{LT \cdot \sigma^2 d + \overline{d}^2 \cdot \sigma^2 LT},$$

*точка возобновления заказа*

$$ROP = \overline{d} \cdot \overline{LT} + Z \sqrt{LT \cdot \sigma^2 d + \overline{d}^2 \cdot \sigma^2 LT}.$$

Каждая модель предполагает, что спрос и время исполнения заказа независимы.

Расчет точки возобновления заказа (ROP) не показывает нам величину нехватки запасов для заданного уровня обслуживания во время исполнения заказа. Однако знание фактического объема нехватки запасов очень полезно для менеджера. Эту величину легко можно получить на основании тех же данных, которые использовались для расчета ROP. Необходимо еще только один параметр (табл. А, приложение). Использование таблицы предполагает, что спрос в период исполнения заказа описан нормальным распределением. Если данное условие соблюдено, то предполагаемый объем нехватки запасов в каждом цикле заказа можно рассчитать следующим образом

$$E(n) = E(z)\sigma_{dLT},$$

где  $E(n)$  – предполагаемое значение нехватки запасов (ед.) в течение цикла заказа;

$E(z)$  – стандартизированное значение недостающих единиц (табл. А, приложение);

$\sigma_{dLT}$  – стандартное отклонение спроса в период исполнения заказа.

Ориентировочное количество недостающих единиц запаса – это действительно ориентировочное или среднее значение; реальное значение для каждого цикла будет близко к этому значению. Кроме того, если число единиц дискретно, то реальная величина недостающих единиц запаса будет целой.

## 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ ПРИБОРОВ УЧЕТА

### 4.1. Определение периода окупаемости теплового счетчика

#### *Задание*

Необходимо оценить эффективность установки теплового счетчика (табл.4.1) в 12-этажном доме г. Минска на основании информации из табл. 4.2 ... 4.4: а) на одном из этажей дома; б) в подъезде дома.

Т а б л и ц а 4.1

#### Информация о счетчиках

| Счетчик тепловой энергии ТЭРМ-2 |            |                                  |                                  |                         |
|---------------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Тип                             | $D_y$ , мм | $G_{min}$ ,<br>м <sup>3</sup> /ч | $G_{max}$ ,<br>м <sup>3</sup> /ч | Стоимость,<br>долл. США |
| ТЭРМ-2/25                       | 25         | 0,08                             | 8,0                              | 510                     |
| ТЭРМ-2/50                       | 50         | 0,25                             | 25,0                             | 522                     |
| ТЭРМ-2/80                       | 80         | 0,8                              | 80,0                             | 562                     |
| ТЭРМ-2/100                      | 100        | 1,25                             | 125,0                            | 620                     |

Т а б л и ц а 4.2

Исходные данные по вариантам. Трехкомнатная квартира

| Комната  | Площадь стены, м <sup>2</sup> |      |      | Площадь окна, м <sup>2</sup> |       |       |
|----------|-------------------------------|------|------|------------------------------|-------|-------|
|          | Варианты                      |      |      |                              |       |       |
|          | 3К-1                          | 3К-2 | 3К-3 | 3К-1                         | 3К-2  | 3К-3  |
| Кухня    | 5,67                          | 5,67 | 5,67 | 1,798                        | 3,161 | 1,798 |
| Жилая №1 | 5,89                          | 6,37 | 5,29 | 3,161                        | 3,598 | 2,527 |
| Жилая №2 | 5,67                          | 5,09 | 6,27 | 1,798                        | 2,527 | 3,161 |
| Жилая №3 | 4,28                          | 5,09 | 5,29 | 3,161                        | 1,798 | 1,798 |
| Коридор  | 4,09                          |      |      | –                            | –     | –     |

Т а б л и ц а 4.3

Исходные данные по вариантам. Двухкомнатная квартира

| Комната  | Площадь стены, м <sup>2</sup> |      |      | Площадь окна, м <sup>2</sup> |       |       |
|----------|-------------------------------|------|------|------------------------------|-------|-------|
|          | Варианты                      |      |      |                              |       |       |
|          | 2К-1                          | 2К-2 | 2К-3 | 2К-1                         | 2К-2  | 2К-3  |
| Кухня    | 5,67                          | 5,67 | 5,67 | 1,798                        | 3,161 | 1,798 |
| Жилая №1 | 5,89                          | 6,37 | 5,29 | 3,161                        | 3,598 | 3,161 |
| Жилая №2 | 5,67                          | 5,09 | 6,27 | 3,161                        | 2,527 | 2,527 |
| Коридор  | 4,09                          | 4,92 | 4,69 | –                            | –     | –     |

Т а б л и ц а 4.4

Исходные данные по вариантам. Общая площадь квартиры.  
Этаж

| Показатели              | Варианты |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 0        | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
| Площадь, м <sup>2</sup> | 63,08    | 50,67 | 65,34 | 47,85 | 59,34 | 43,67 | 63,08 | 47,85 | 65,34 | 50,67 |
| Этаж                    | 3        | 3     | 9     | 9     | 7     | 7     | 5     | 5     | 10    | 10    |

*Дополнительная информация:*

– удельный расход энергии, представленный в счете-квитанции согласно расчета теплогенерирующей компании (ТЭЦ),  $q_p = 0,0272 \text{ Гкал/м}^2$ ;

– минимальное термическое сопротивление стен  $R_{\text{ст}}$  должно быть не менее  $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , окна  $R_{\text{окна}}$  – не менее  $0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ; пола и потолка (для первого и последнего этажей)  $R_{\text{пол}}$  (ппот – более  $1,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  [9];

– продолжительность отопительного периода  $n_o$  в месяцах (для Минска  $n_o = 203$  суток  $\approx 7$  месяцев).

Значение срока окупаемости рассчитано при некоторых допущениях, опустив которые можно получить значение несколько большее расчетного. Вот эти допущения:

- прибыль рассчитывалась, исходя из расчетного температурного режима, продолжительность которого составляет примерно 10 % от времени отопительного периода;

- величина стоимости установки теплового счетчика была принята в размере 30 % его стоимости, хотя реально она может быть от 30 до 80 % стоимости самого счетчика;

- не были учтены издержки на амортизацию и обслуживание счетчика, хотя срок его службы достаточно велик (значит отчисления на амортизацию малы), а требования к обслуживанию удовлетворительные;

- не были учтены издержки, связанные с простоями теплового счетчика за счет его плановых и аварийных ремонтов, ежегодной поверкой и др.

## **4.2. Методические указания**

Для определения периода окупаемости отопительного теплового счетчика необходимо соотнести фактические удельные расходы энергии на квадратный метр жилого помещения и удельный расход энергии, представленный в счете-квитанции.



Расчет тепловых нагрузок производят методом потерь через ограждающие конструкции помещения:

$$Q_{от} = Q_{ок} (1 + \mu) - Q_{тв}, \text{ Вт},$$

где  $Q_{от}$  – подвод теплоты в квартиру через отопительную систему;

$Q_{ок}$  – потери теплоты через ограждающие конструкции;

$\mu$  – коэффициент инфильтрации, принимаемый 10 % от  $Q_{ок}$ ;

$Q_{тв}$  – внутренние тепловыделения помещений, величина которых может быть ориентировочно принята в размере 5 % от  $Q_{от}$ .

В соответствии с основным уравнением теплопередачи через плоскую стенку, потери тепла пропорциональны теплопередающим характеристикам стенки, ее суммарной поверхности и разности температур по обе стороны стенки. Таким образом, *теплопотери помещения через вертикальные поверхности* определяют из выражения

$$Q_{ок} = \sum_{i=1}^n \Psi k F (t_{в.р} - t_{н.о}), \text{ Вт}, \quad (4.1)$$

где  $\Psi$  – коэффициент, учитывающий ориентацию стены по отношению к сторонам света; принимается 1,1 при ориентации на север или восток, 1,05 – на запад, 1 – на юг;

$k_{ст(окна)} = 1/R_{ст(окна)}$  – коэффициент теплопередачи стены (окна), принимают согласно [9] на основании минимального (нормативного) значения термического сопротивления стены (окна), Вт/(м<sup>2</sup>·К); для входной двери квартиры принимают  $k_{дв} = 0,4$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  – площадь стены (окна),  $\text{м}^2$  (см. табл. 4.2, 4.3);

$t_{\text{в.р}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  – внутренняя расчетная температура жилого помещения; для коридора  $t_{\text{в.р}}$  принимают на  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  ниже температуры квартиры;

$t_{\text{н.о}} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$  – расчетная температура наружного воздуха для Минска;

$i = (1 \dots n)$  – количество вертикальных поверхностей.

Если квартира находится на первом или последнем этаже, следует также добавить потери через пол или потолок с учетом термического сопротивления  $R_{\text{пол(пот)}}$  и площади квартиры (см. табл. 4.4).

Как видно из (4.1) расчет теплотерь квартиры сводится к расчету площадей наружных стен, окон и входной двери (для расчета площадь двери принять  $2,2 \text{ м}^2$ ).

Определив из соотношения (4.1) суммарные тепловые потери всех комнат, можно найти потери теплоты через ограждающие конструкции квартиры:

$$Q_{\text{ок}}^{\text{кв}} = \sum_{j=1}^n Q_{\text{ок}}^{\text{комн } j}, \text{ Вт},$$

где  $Q_{\text{ок}}^{\text{кв}}$  – потери теплоты через ограждающие конструкции квартиры;

$\sum_{j=1}^n Q_{\text{ок}}^{\text{комн } j}$  – суммарные тепловые потери  $j$  комнат.

Вначале необходимо произвести расчет для 3 комнатной квартиры. Площадь квартиры и этаж выбирают из табл. 4.4. Определяют количество теплоты, подведенное в квартиру через отопительную систему  $Q_{\text{от}}$ .

Чтобы получить *фактический удельный расход теплоты на квадратный метр жилья*, следует число потребляемой квартирой тепловой энергии  $Q_{от}$ , Гкал/год, разделить на метраж квартиры  $F_{кв}$  (см. табл. 4.4) и на продолжительность отопительного периода  $n_o$  в месяцах:

$$q_{\phi} = \frac{Q_{от}}{F_{кв} n_o}, \text{ Гкал/м}^2.$$

Если полученное значение  $q_{\phi}$  меньше удельного расхода тепловой энергии, представленного в счете-квитанции ( $q_p = 0,0272 \text{ Гкал/м}^2$ ), то разность этих цифр можно свести к нулю, установив в квартире счетчик калорий на отопление. Он позволит предоставлять энергетической компании данные о фактическом месячном потреблении тепловой энергии потребителем. При стоимости 1 Гкал на отопление для населения  $S_{1\text{Гкал}} = 10$  долл. США месячная разница в денежном эквиваленте составит:

$$S_{\text{мес}} = (q_p - q_{\phi}) F_{кв} S_{1\text{Гкал}}, \text{ \$/мес},$$

а за год

$$S_{\text{год}}^3 = S_{\text{мес}} n_o, \text{ \$/мес},$$

где  $S_{\text{мес}}$  и  $S_{\text{год}}^3$  – экономия на оплате за тепловую энергию за месяц и за год соответственно (для 3-комнатной квартиры).

Аналогично производится расчет для 2-комнатной квартиры. Площадь этой квартиры также выбирается из табл. 4.4.

Для выбора типоразмера теплового счетчика необходимо рассчитать расход теплоносителя (горячей воды) через квартиру. Для примера рассмотрим 3-комнатную квартиру. В ней установлены трубопроводы следующего диаметра:  $d_{к1} = 25$  мм – в жилой комнате № 1;  $d_{кух} = d_{к2} = d_{к3} = 20$  мм – в кухне и жилых комнатах № 2 и 3. Разводка горячей воды на отопление показана на рис. 4.1, из которого видно, что квартирный расход теплоносителя равен сумме расходов на кухню  $G_{кух}$  и все комнаты  $G_{к}$ :

$$G_{кв} = G_{кух} + G_{к1} + G_{к2} + G_{к3}. \quad (4.2)$$

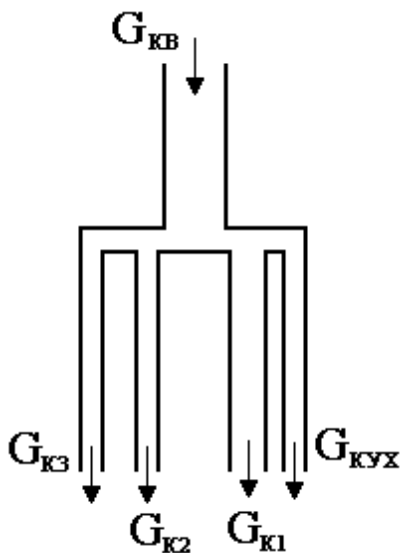


Рис. 4.1. Принципиальная схема разводки горячей воды на отопление 3-комнатной квартиры

Расход жидкости численно равен произведению скорости жидкости  $\omega$  на площадь поперечного сечения трубы  $F_{тр}$ :

$$G = \omega F_{\text{тр}} = \omega \frac{\pi d_{\text{тр}}^2}{4}. \quad (4.3)$$

Скорость теплоносителя (движения воды в стояках) рекомендуется принимать 1,0 ... 1,5 м/с. Например, при допустимом эквивалентном уровне звука 25 дБ и коэффициенте местных сопротивлений узла отопительного прибора, равным 10, скорость воды в трубах  $\omega = 1,1$  м/с. Подставив выражение (4.3) в (4.2), получим

$$G_{\text{кв}} = \frac{\pi}{4} \omega \left( d_{\text{кух}}^2 + d_{\text{к1}}^2 + d_{\text{к2}}^2 + d_{\text{к3}}^2 \right), \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для определения периода окупаемости необходимо знать капитальные вложения (КВ), т.е. стоимость счетчика и стоимость его установки. Исходя из полученного значения расхода теплоносителя в трубах, по табл. 4.1. выбираем типоразмер теплового счетчика ТЭРМ-ХХ и его стоимость  $\text{КВ}_{\text{ХХ}}$ , долл. США. С учетом 30 % стоимости счетчика на его установку, получим полные капитальные вложения:  $\text{КВ} = 1,3\text{КВ}_{\text{ХХ}}$ .

Период окупаемости теплового счетчика определится из отношения капитальных вложений КВ (сумма стоимости прибора и стоимости его установки) и экономия на оплате за тепловую энергию  $S_{\text{год}}^{3\text{к}}$  (разность значений фактического удельного расхода энергии на квадратный метр жилого помещения и удельный расход энергии, представленный в счете-квитанции):

$$T_{\text{ок}}^{\text{кв}} = \frac{\text{КВ}}{S_{\text{год}}^{3\text{к}}}. \quad (4.4)$$

Как правило, значение периода окупаемости выходит за пределы нормативных значений. Ситуация усложняется трудностью установки теплового счетчика на отдельно взятую квартиру, что подразумевает врезку относительно небольшого участка трубы постоянного сечения, а за ней и установка самого счетчика. Данная операция предполагает согласование проекта с жилищно-коммунальными и другими ведомствами.

Принимая во внимание проблематичность установки прибора и сопутствующей ему арматуры, а также экономические показатели (в частности, период окупаемости), можно констатировать, что установка теплового счетчика на квартиру нецелесообразна.

Произведем расчет срока окупаемости теплового счетчика, установленного на этаже. Схема разводки горячей воды представлена на рис 4.2. На этаже расположены две 2 комнатные и две 3 комнатные квартиры.

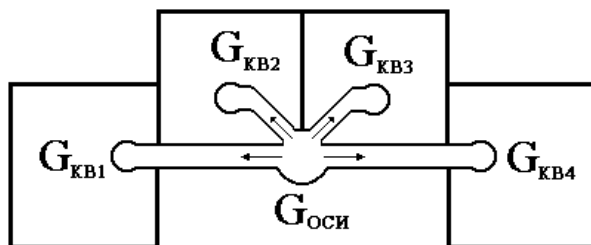


Рис. 4.2. Принципиальная схема разводки горячей воды на отопление на этаже

Как видно из рис. 4.2, этажная прибыль будет складываться из прибылей всех четырех квартир. Руководствуясь аналогичными соображениями касательно этажного расхода теплоносителя, найдем годовую экономию на оплате за тепловую энергию

$$S_{\text{год}}^{\text{эт}} = 2S_{\text{год}}^{\text{3к}} + 2S_{\text{год}}^{\text{2к}}, \$,$$

где  $2S_{\text{оси}}^{\text{3к}}$  и  $2S_{\text{оси}}^{\text{2к}}$  – экономия для двух 2 комнатных и двух 3 комнатных квартир.

Рассчитываем период окупаемости и делаем вывод о целесообразности установки счетчика на этажном вводе, сравнивая фактический срок окупаемости с нормативным  $T_H = 8,3$  года. Но для приборов учета эту величину можно принимать 5 лет, как было указано во введении. Установка теплового счетчика на этажном вводе считается экономически целесообразной, если фактический срок окупаемости меньше нормативного.

Рассматриваем, насколько изменится значение периода окупаемости при установке счетчика *на оси (подъезде) дома*. При этом необходимо оценить подходит ли выбранный счетчик, т.е. на измерение какого расхода воды он рассчитан. Для этого необходимо сравнить потребляемый расход теплоносителя на оси дома с пропускной способностью конкретно выбранного счетчика (табл. 4.1).

Значение прибыли возрастет во столько раз, сколько этажей расположено в данной оси:

$$S_{\text{год}}^{\text{оси}} = n_{\text{эт}} S_{\text{год}}^{\text{эт}}, \$,$$

где  $n_{\text{эт}}$  – количество этажей (табл. 4.4).

По выражению (4.4) определяют срок окупаемости для оси дома  $T_{\text{ок}}^{\text{оси}}$ .

Полученное значение срока окупаемости значительно меньше как нормативной величины, так и величины, которую планировалось получить в результате расчета в настоящей курсовой работе. Поэтому даже, если ужесточить условия, т.е. капиталовложения увеличить в 2 раза, а прибыль снизить в 1,5 раза, величина срока окупаемости окажется равной 2 года, что также приемлемо для современных условий жилищно-коммунального сектора.

## Заключение

В данном пособии уделено основное внимание некоторым актуальным вопросам производственного и операционного менеджмента затрагивающим интересы, как технологов, так и менеджеров, а также предлагается оценить систему мер, способствующих увеличению эффективности потребления энергетических ресурсов в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. В работе выполняется пять расчетных заданий по четырем темам.

Выполнение первого задания помогает ознакомиться с возможностями и получить необходимые практические навыки по использованию кривых роста производительности при планировании и управлении производством. В последующих двух заданиях и методических указаниях к ним подробно рассмотрены наиболее популярные методы (минимизация транспортных затрат и оценки возможных пар по близости расположения) размещения оборудования и планировки помещений, которые широко используются при планировании производственного процесса в промышленности, а также при планировании объектов сервиса и офисных помещений.

Еще в одном задании сделан упор на управление запасами и затратами, при так называемом независимом спросе, причем рассматриваются различные модификации расчета эффективного объема заказа, в том числе со всеми возможными вариантами расчетов точки повторного заказа, так как эти вопросы в условиях рыночных отношений являются все более и более актуальными.

При выполнении всех этих заданий широко используются основные методы теории вероятности и математической статистики, что лишней раз способствует закреплению знаний по их практическому использованию.

Достаточно большое внимание уделено в последнем задании некоторым практическим вопросам расчета эффективности внедрения новых энергосберегающих технологий (в частности тепловых счетчиков) в жилищно-коммунальном хозяйстве.



## Литература

1. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. – М.: Дело, 1992. – 749 с. (Зарубежный экономический учебник).
2. Забелин П.В., Моисеева Н.К. Основы стратегического управления: Учебное пособие. – М.: Маркетинг, 1997. – 195 с.
3. Ильин А.И. Управление предприятием /Под общ. ред. М. И. Плотницкого, А. С. Головачева. – Мн.: Выш. шк., 1997. – 275 с. (Справочник руководителя).
4. Молодчик А.В. Менеджмент: Стратегия, структура, персонал: Учебное пособие. – М.: ВШЭ, 1994. – 209 с.
5. Стивенсон В. Дж. Управление производством. – М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998. – 928 с.
6. Менеджмент организации. Учебное пособие /Под ред. Румянцевой З. П. и Соломатина Н. А. – М.: Инфра-М, 1995. – 429 с.
7. Томпсон А.А., Стрикленд А. Дж. Стратегический менеджмент. Искусство разработки и реализации стратегии: Учебник для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 576 с.
8. Чейз Р., Эквилайн Н., Якобс Р. Производственный и операционный менеджмент. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 704 с.
9. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. – Мн.: Минстройархитектуры РБ, 1998. – 32 с.
10. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование /Госстрой СССР. – М.: АПП ЦИТП. 1992 – 64 с.
11. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Госстрой, 1986. – 55 с.
12. СНиП 2.04.07-86. Тепловые сети /Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 48 с.
13. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование /Под ред. Проф. Б.М. Хрусталева. – Мн.: Дизайн ПРО, 1997. – 383 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Т а б л и ц а А

Нормальное распределение уровней обслуживания  
и функция нормальных потерь

| Уровень обслуживания в период LT | Уровень обслуживания в период LT | Уровень обслуживания в период LT | Уровень обслуживания в период LT |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>1</i>                         | <i>2</i>                         | <i>3</i>                         | <i>4</i>                         |
| -2,40 0,0082 2,403               | -0,80 0,2119 0,920               | 0,80 0,7881 0,120                | 2,40 0,9918 0,003                |
| -2,36 0,0091 2,363               | -0,76 0,2236 0,889               | 0,84 0,7995 0,112                | 2,44 0,9927 0,002                |
| -2,32 0,0102 2,323               | -0,72 0,358 0,858                | 0,88 0,8106 0,104                | 2,48 0,9934 0,002                |
| -2,28 0,0113 2,284               | -0,68 0,2483 0,828               | 0,92 0,8212 0,097                | 2,52 0,9941 0,002                |
| -2,24 0,0125 2,244               | -0,64 0,2611 0,798               | 0,96 0,8315 0,089                | 2,56 0,9948 0,002                |
| -2,20 0,0139 2,205               | -0,60 0,2743 0,769               | 1,00 0,8413 0,083                | 2,60 0,9953 0,001                |
| -0,16 0,0154 2,165               | -0,56 0,2877 0,740               | 1,04 0,8508 0,077                | 2,64 0,9959 0,001                |
| -2,12 0,0170 2,126               | -0,52 0,3015 0,712               | 1,08 0,8599 0,071                | 2,68 0,9963 0,001                |
| -2,08 0,0188 2,087               | -0,48 0,3156 0,684               | 1,12 0,8686 0,066                | 2,72 0,9967 0,001                |
| -2,04 0,0207 2,048               | -0,44 0,3300 0,657               | 1,16 0,8770 0,061                | 2,76 0,9971 0,001                |
| -2,00 0,0228 2,008               | -0,40 0,3446 0,630               | 1,20 0,8849 0,056                | 2,80 0,9974 0,0008               |
| -1,96 0,0250 1,969               | -0,36 0,3594 0,597               | 1,24 0,8925 0,052                | 2,84 0,9977 0,0007               |
| -1,92 0,0274 1,930               | -0,32 0,3745 0,576               | 1,28 0,8997 0,048                | 2,88 0,9980 0,0006               |
| -1,88 0,0301 1,892               | -0,28 0,3897 0,555               | 1,32 0,9066 0,044                | 2,92 0,9982 0,0005               |
| -1,84 0,0329 1,853               | -0,24 0,4052 0,530               | 1,36 0,9131 0,040                | 2,96 0,9985 0,0004               |
| -1,80 0,0359 1,814               | -0,20 0,4207 0,507               | 1,40 0,9192 0,037                | 3,00 0,9987 0,0004               |
| -1,76 0,0392 1,776               | -0,16 0,4364 0,484               | 1,44 0,9251 0,034                | 3,04 0,9988 0,0003               |
| -1,72 0,0427 1,737               | -0,12 0,4522 0,462               | 1,48 0,9306 0,031                | 3,08 0,9990 0,0003               |
| -1,68 0,0465 1,699               | -0,08 0,4681 0,440               | 1,52 0,9357 0,028                | 3,12 0,9991 0,0002               |
| -1,64 0,0505 1,661               | -0,04 0,4840 0,419               | 1,56 0,9406 0,026                | 3,16 0,9992 0,0002               |
| -1,60 0,0548 1,623               | 0,00 0,5000 0,399                | 1,60 0,9452 0,023                | 3,20 0,9993 0,0002               |
| -1,56 0,0594 1,586               | 0,04 0,5160 0,379                | 1,64 0,9495 0,021                | 3,24 0,9994 0,0001               |
| -1,52 0,0643 1,548               | 0,08 0,5319 0,360                | 1,68 0,9535 0,019                | 3,28 0,9995 0,0001               |
| -1,48 0,0694 1,511               | 0,12 0,5478 0,342                | 1,72 0,9573 0,017                | 3,32 0,9995 0,0001               |
| -1,44 0,0749 1,474               | 0,16 0,5636 0,324                | 1,76 0,9608 0,016                | 3,36 0,9996 0,0001               |
| -1,40 0,0808 1,437               | 0,20 0,5793 0,307                | 1,80 0,9641 0,014                | 3,40 0,9997 0,0001               |
| -1,36 0,0869 1,400               | 0,24 0,5948 0,290                | 1,84 0,9671 0,013                |                                  |
| -1,32 0,0934 1,364               | 0,28 0,6103 0,275                | 1,88 0,9699 0,012                |                                  |

Окончание табл. А

| 1                  | 2                 | 3                 | 4 |
|--------------------|-------------------|-------------------|---|
| -1,28 0,1003 1,328 | 0,32 0,6255 0,256 | 1,92 0,9726 0,010 |   |
| -1,24 0,1075 1,292 | 0,36 0,6406 0,237 | 1,96 0,9750 0,009 |   |
| -1,20 0,0051 1,256 | 0,40 0,6554 0,230 | 2,00 0,9772 0,008 |   |
| -1,16 0,1230 1,221 | 0,44 0,6700 0,217 | 2,04 0,9793 0,008 |   |
| -1,12 0,1314 1,186 | 0,48 0,6844 0,204 | 2,08 0,9812 0,007 |   |
| -1,08 0,1401 1,151 | 0,52 0,6985 0,192 | 2,12 0,9830 0,006 |   |
| -1,04 0,1492 1,117 | 0,56 0,7123 0,180 | 2,16 0,9846 0,005 |   |
| -1,00 0,1587 1,083 | 0,60 0,7257 0,169 | 2,20 0,9861 0,005 |   |
| -0,96 0,1685 1,049 | 0,64 0,7389 0,158 | 2,24 0,9875 0,004 |   |
| -0,92 0,1788 1,017 | 0,68 0,7517 0,148 | 2,28 0,9887 0,004 |   |
| -0,88 0,1894 0,984 | 0,72 0,7642 0,138 | 2,32 0,9898 0,003 |   |
| -0,84 0,2005 0,952 | 0,76 0,7764 0,129 | 2,36 0,9909 0,003 |   |

Т а б л и ц а В

Площади под кривой нормального распределения,  
от  $-\infty$  до  $-z$

| .09   | .08   | .07   | .06   | .05   | .04   | .03   | .02   | .01   | .00   | <i>z</i> |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11       |
| .0002 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | .0003 | - 3.4    |
| .0003 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0004 | .0005 | .0005 | .0005 | - 3.3    |
| .0005 | .0005 | .0005 | .0006 | .0006 | .0006 | .0006 | .0006 | .0007 | .0007 | - 3.2    |
| .0007 | .0007 | .0008 | .0008 | .0008 | .0008 | .0009 | .0009 | .0009 | .0010 | - 3.1    |
| .0010 | .0010 | .0011 | .0011 | .0011 | .0012 | .0012 | .0013 | .0013 | .0013 | - 3.0    |
| .0014 | .0014 | .0015 | .0015 | .0016 | .0016 | .0017 | .0018 | .0018 | .0019 | - 2.9    |
| .0019 | .0020 | .0021 | .0021 | .0022 | .0023 | .0023 | .0024 | .0025 | .0026 | - 2.8    |
| .0026 | .0027 | .0028 | .0029 | .0030 | .0031 | .0032 | .0033 | .0034 | .0035 | - 2.7    |
| .0036 | .0037 | .0038 | .0039 | .0040 | .0041 | .0043 | .0044 | .0045 | .0047 | - 2.6    |
| .0048 | .0049 | .0051 | .0052 | .0054 | .0055 | .0057 | .0059 | .0060 | .0062 | - 2.5    |
| .0064 | .0066 | .0068 | .0069 | .0071 | .0073 | .0075 | .0078 | .0080 | .0082 | - 2.4    |
| .0084 | .0087 | .0089 | .0091 | .0094 | .0096 | .0099 | .0102 | .0104 | .0107 | - 2.3    |
| .0110 | .0113 | .0116 | .0119 | .0122 | .0125 | .0129 | .0132 | .0136 | .0139 | - 2.2    |
| .0143 | .0146 | .0150 | .0154 | .0158 | .0162 | .0166 | .0170 | .0174 | -.179 | - 2.1    |
| .0183 | .0188 | .0192 | .0197 | .0202 | .0207 | .0212 | .0217 | .0222 | .0228 | - 2.0    |

Продолжение табл. В

| <b>.09</b> | <b>.08</b> | <b>.07</b> | <b>.06</b> | <b>.05</b> | <b>.04</b> | <b>.03</b> | <b>.02</b> | <b>.01</b> | <b>.00</b> | <b>z</b>   |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>1</i>   | <i>2</i>   | <i>3</i>   | <i>4</i>   | <i>5</i>   | <i>6</i>   | <i>7</i>   | <i>8</i>   | <i>9</i>   | <i>10</i>  | <i>11</i>  |
| .0233      | .0239      | .0244      | .0250      | .0256      | .0262      | .0268      | .0274      | .0281      | .0287      | - 1.9      |
| .0294      | .301       | .0307      | .0314      | .0322      | .0329      | .0336      | .0344      | .0351      | .0359      | - 1.8      |
| .0367      | .0375      | .0384      | .0392      | .0401      | .0409      | .0418      | .0427      | .0436      | .0446      | - 1.7      |
| .0455      | .0465      | .0475      | .0485      | .0495      | .0505      | .0516      | .0526      | .0537      | .0548      | - 1.6      |
| .0559      | .0571      | .0582      | .0594      | .0606      | .0618      | .0630      | .0643      | .0655      | .0668      | - 1.5      |
| .0681      | .0694      | .0708      | .0721      | .0735      | .0749      | .0764      | .0778      | .0793      | .0808      | - 1.4      |
| .0823      | .0838      | .0853      | .0869      | .0885      | .0901      | .0918      | .0934      | .0951      | .0968      | - 1.3      |
| .0985      | .1003      | .1020      | .1038      | .1056      | .1075      | .1093      | .1112      | .1131      | .1151      | - 1.2      |
| .1170      | .1190      | .1210      | .1230      | .1251      | .1271      | .1292      | .1314      | .1335      | .1357      | - 1.1      |
| .1379      | .1401      | .1423      | .1446      | .1469      | .1492      | .1515      | .1539      | .1562      | .1587      | - 1.0      |
| .1611      | .1635      | .1660      | .1685      | .1711      | .1736      | .1762      | .1788      | .1814      | .1841      | - 0.9      |
| .1867      | .1894      | .1922      | .949       | .1977      | .2005      | .2033      | .2061      | .2090      | .2119      | - 0.8      |
| .2148      | .2177      | .2206      | .2236      | .2266      | .2296      | .2327      | .2358      | .2389      | .2420      | - 0.7      |
| .2451      | .2483      | .2514      | .2546      | .2578      | .2611      | .2643      | .2676      | .2709      | .2743      | - 0.6      |
| .2776      | .2810      | .2843      | .2877      | .2912      | .2912      | .2946      | .3015      | .3050      | .3085      | - 0.5      |
| .3121      | .3156      | .3192      | .3228      | .3264      | .3300      | .3336      | .3372      | .3409      | .3446      | - 0.4      |
| .3483      | .3520      | .3557      | .3594      | .3632      | .3669      | .3707      | .3745      | .3783      | .3821      | - 0.3      |
| .3859      | .3897      | .3936      | .3974      | .4013      | .4052      | .4090      | .4129      | .4168      | .4207      | - 0.2      |
| .4247      | .4286      | .4325      | .4364      | .4404      | .4443      | .4483      | .4522      | .4562      | .4602      | - 0.1      |
| .4641      | .4681      | .4721      | .4761      | .4801      | .4840      | .4880      | .4920      | .4960      | .5000      | -0.0       |
| <b>z</b>   | <b>.00</b> | <b>.01</b> | <b>.02</b> | <b>.03</b> | <b>.04</b> | <b>.05</b> | <b>.06</b> | <b>.07</b> | <b>.08</b> | <b>.09</b> |
| .0         | .5000      | .5040      | .5080      | .5120      | .5160      | .5199      | .5239      | .5279      | .5319      | .5359      |
| .1         | .5398      | .5438      | .5478      | .5517      | .5557      | .5596      | .5636      | .5675      | .5714      | .5753      |
| .2         | .5793      | .5832      | .5871      | .5910      | .5948      | .5987      | .6026      | .6064      | .6103      | .6141      |
| .3         | .6179      | .6217      | .6255      | .6293      | .6331      | .6368      | .6406      | .6443      | .6480      | .6517      |
| .4         | .6554      | .6591      | .6628      | .6664      | .6700      | .6736      | .6772      | .6808      | .6844      | .6879      |
| .5         | .6915      | .6950      | .6985      | .7019      | .7054      | .7088      | .7123      | .7157      | .7190      | .7224      |
| .6         | .7257      | .7291      | .7324      | .7357      | .7389      | .7422      | .7454      | .7486      | .7517      | .7549      |
| .7         | .7580      | .7611      | .7642      | .7673      | .7703      | .7734      | .7764      | .7794      | .7823      | .7852      |
| .8         | .7881      | .7910      | .7939      | .7967      | .7995      | .8023      | .8051      | .8078      | .8106      | .8133      |
| .9         | .8159      | .8186      | .8212      | .8238      | .8264      | .8289      | .8315      | .8340      | .8365      | .8389      |
| 1.0        | .8413      | .8438      | .8461      | .8485      | .8508      | .8531      | .8554      | .8577      | .8599      | .8621      |
| 1.1        | .8643      | .8665      | .8686      | .8708      | .8729      | .8749      | .8770      | .8790      | .8810      | .8830      |
| 1.2        | .8849      | .8869      | .8888      | .8907      | .8925      | .8944      | .8962      | .8980      | .8997      | .9015      |
| 1.3        | .9032      | .9049      | .9066      | .9082      | .9099      | .9115      | .9131      | .9147      | .9162      | .9177      |

## Окончание табл. В

| <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> | <i>6</i> | <i>7</i> | <i>8</i> | <i>9</i> | <i>10</i> | <i>11</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 1.4      | .9192    | .9207    | .9222    | .9236    | .9251    | .9265    | .9279    | .9292    | .9306     | .9319     |
| 1.5      | .9332    | .9345    | .9357    | .9370    | .9382    | .9394    | .9406    | .9418    | .9429     | .9441     |
| 1.6      | .9452    | .9463    | .9474    | .9484    | .9495    | .9505    | .9515    | .9525    | .9535     | .9545     |
| 1.7      | .9554    | .9564    | .9573    | .9582    | .9591    | .9599    | .9608    | .9616    | .9625     | .9633     |
| 1.8      | .9641    | .9649    | .9656    | .9664    | .9671    | .9678    | .9686    | .9693    | .9699     | .9706     |
| 1.9      | .9713    | .9719    | .9726    | .9732    | .9738    | .9744    | .9750    | .9756    | .9761     | .9767     |
| 2.0      | .9772    | .9778    | .9783    | .9788    | .9793    | .9798    | .9803    | .9808    | .9812     | .9817     |
| 2.1      | .9821    | .9826    | .9830    | .9834    | .9838    | .9842    | .9846    | .9850    | .9854     | .9857     |
| 2.2      | .9861    | .9864    | .9868    | .9871    | .9875    | .9878    | .9881    | .9884    | .9887     | .9890     |
| 2.3      | .9893    | .9896    | .9898    | .9901    | .9904    | .9906    | .9909    | .9911    | .9913     | .9916     |
| 2.4      | .9918    | .9920    | .9922    | .9925    | .9927    | .9929    | .9931    | .9932    | .9934     | .9936     |
| 2.5      | .9938    | .9940    | .9941    | .9943    | .9945    | .9946    | .9948    | .9949    | .9951     | .9952     |
| 2.6      | .9953    | .9955    | .9956    | .9957    | .9959    | .9960    | .9961    | .9962    | .9963     | .9964     |
| 2.7      | .9965    | .9966    | .9967    | .9968    | .9969    | .9970    | .9971    | .9972    | .9973     | .9974     |
| 2.8      | .9974    | .9975    | .9976    | .9977    | .9977    | .9978    | .9979    | .9979    | .9980     | .9981     |
| 2.9      | .9981    | .9982    | .9982    | .9983    | .9984    | .9984    | .9985    | .9985    | .9986     | .9986     |
| 3.0      | .9987    | .9987    | .9987    | .9988    | .9988    | .9989    | .9989    | .9989    | .9990     | .9990     |
| 3.1      | .9990    | .9991    | .9991    | .9991    | .9991    | .9992    | .9992    | .9992    | .9993     | .9993     |
| 3.2      | .9993    | .9993    | .9994    | .9994    | .9994    | .9994    | .9994    | .9995    | .9995     | .9995     |
| 3.3      | .9995    | .9995    | .9995    | .9996    | .9996    | .9996    | .9996    | .9996    | .9996     | .9997     |
| 3.4      | .9997    | .9997    | .9997    | .9997    | .9997    | .9997    | .9997    | .9997    | .9997     | .9998     |

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| В в е д е н и е .....  | 3  |
| 1. КРИВЫЕ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ .....   | 6  |
| 1.1. Кривые роста производительности<br>(кривые обучения) .....                          | 6  |
| 1.2. Методические указания .....   | 8  |
| 2. РАЗМЕЩЕНИЕ И ПЛАНИРОВКА .....   | 14 |
| 2.1. Построение диаграммы активности и размещение<br>на площадке .....                   | 14 |
| 2.2. Минимизация затрат на перемещение .....   | 18 |
| 2.3. Методические указания. Стоимость<br>транспортирования как критерий размещения ..... | 20 |
| 2.4. Планировка офиса .....  | 21 |
| 3. УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ .....   | 25 |
| 3.1. Управление запасами. Независимый спрос .....  | 25 |
| 3.2. Модель экономического объема заказа (ЕОQ) .....                                     | 30 |
| 3.3. Когда возобновлять заказы при использовании<br>модели ЕОQ? .....                    | 34 |
| 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ<br>ПРИБОРОВ УЧЕТА .....                                | 38 |
| 4.1. Определение периода окупаемости<br>теплового счетчика .....                         | 38 |
| 4.2. Методические указания .....   | 40 |
| З а к л ю ч е н и е .....  | 48 |
| Л и т е р а т у р а .....  | 49 |
| Приложение .....   | 50 |

Учебное издание

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЖКХ**

Методические указания и задания  
к курсовому проектированию  
для студентов специальности 1–43 01 06  
«Энергоэффективные технологии и энергетический  
менеджмент».

Составители: БАРАННИКОВ Александр Иванович  
ЯНЦЕВИЧ Ирина Владимировна

Редактор А.М. Кондратович. Корректор М.П. Антонова  
Компьютерная верстка А.Г. Гармазы

---

Подписано в печать 2004.  
Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.  
Печать офсетная. Гарнитура Таймс.  
Усл. печ. л. , Уч.-изд. л. , Тираж.100. Заказ.439.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
Лицензия № 02330/0056957 от 01.04.2004.  
220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.