

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА»

*А.И. ДОВГЯЛЛО, Д.А. УГЛАНОВ*

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2008

УДК 658.5(075)

ББК 30.605.я7

Д58

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. В.С. Кудинов  
канд. техн. наук, доц. В.С. Егорычев

*Довгялло А.И.*

Д 58

**Исследование и оценка энергетической эффективности  
производственного оборудования:** учеб. пособие / А.И. Довгялло,  
Д.А. Угланов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008.  
– 56 с.

**ISBN 978-5-7883-0598-1**

Изложены основные методики оценки энергетической эффективности энергосберегающих проектов. Рассмотрены идеальные аналоги энергетических процессов и факторных моделей при анализе эффективности энергопотребления; теоретический потенциал энергосбережения, система энергоэкономических показателей.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 160301 «Авиационные двигатели и энергетические установки», для специализации «Энергосберегающие технологии», а также слушателей курсов, аспирантов и специалистов, изучающих современные методики оценки экономической эффективности энергосберегающих проектов.

УДК 658.5(075)

ББК 30.605.я7

**ISBN 978-5-7883-0598-1**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2008

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	6
1.1 Метод «срока окупаемости» .....	6
1.2 Метод «нормы прибыли» (рентабельности) .....	9
1.3 Сравнительная экономическая эффективность вариантов капиталовложений.....	12
1.4 Расчеты с учетом фактора времени.....	13
1.5 Определение предельной энергетической эффективности инвестиций в энергосбережении.....	15
2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕАЛЬНЫХ АНАЛОГОВ РЕАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ.....	18
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	20
4. ПОТЕНЦИАЛ И РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ВЭР).....	22
5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА.....	26
6. СИСТЕМА ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	28
7. УЧЕТ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	35
Заключение.....	55
Список литературы.....	56

## Введение

В настоящее время потенциал энергосбережения России составляет по разным оценкам от 460 до 540 миллионов тонн условного топлива или 40-45 процентов всего энергопотребления в стране. Доля энергозатрат в себестоимости продукции и услуг составляет в среднем: в промышленности - 18%, на транспорте - 17%, в сельском хозяйстве - 11%.

Значительные резервы энергосбережения имеются в жилищно-коммунальной сфере, в отдельных отраслях промышленного производства. В себестоимости продукции военно-промышленного комплекса энергозатратная составляющая в среднем достигает уже 18-20 процентов. Затраты топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на производство чугуна, стали, кокса, алюминия и некоторой другой продукции стратегического назначения выросли более чем на 30 процентов.

Таким образом, в сложившейся ситуации необходима широкая реализация энергосберегающих мероприятий в различных отраслях промышленности. Однако воплощение их на практике требует оценки эффективности данных действий, причем для получения объективного обоснования необходимо производить оценку эффективности энергосберегающей технологии несколькими методами. Это, в свою очередь, позволит находить оптимальные решения проблем, связанных с высокими энергетическими затратами современного производства.

Способ оценки эффективности технологического процесса путем сопоставления его технико-экономических показателей с соответствующими показателями лучших на данный момент времени отечественных или зарубежных технологий имеет недостаток, заключающийся в том, что уровень техники и объемы потребления энергоресурсов все время повышаются.

Введение идеальных аналогов позволяет оценить минимум энергопотребления. Использование идеальных аналогов полезно и при разработке норм энергопотребления.

Помимо промышленности, сельского хозяйства и транспорта значительные резервы экономии энергии имеются в системах тепло- и электроснабжения.

Реализация потенциала энергосбережения во всех отраслях народного хозяйства определяется их экономической эффективностью, методы оценки которой изложены ниже.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для принятия решения об эффективности энергосбережения необходимо выбрать метод оценки и критерий объективности.

Указанная оценка может производиться различными способами:

- на основе определения срока окупаемости;
- по предельным экономически допустимым капиталовложениям в энергосберегающие мероприятия;
- по получаемой за счет их осуществления экономии затрат, прибыли, рентабельности мероприятий.

При этом расчеты могут выполняться в статической и динамической постановке задачи (последнее при длительных сроках осуществления мероприятий).

## 1.1 Метод «срока окупаемости»

Срок окупаемости оборудования представляет собой период, за который масса прибыли сравнивается с объемом первоначальных инвестиций. Следовательно, чтобы рассчитать срок окупаемости в простейшей форме, необходимо величину инвестиций разделить на годовой объем прибыли от реализации продукции по проекту (или годовую экономию на эксплуатационных расходах).

По сроку окупаемости капиталовложений в мероприятия оценка эффективности производится на основе зависимости

$$\tau = \frac{K}{\Delta D_{\Sigma}} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

где  $K$  - капиталовложения в энергосберегающие мероприятия,

$\Delta D_{\Sigma}$  - экономический эффект (прирост дохода) от осуществления мероприятия,

$$\Delta D_{\Sigma} = \Delta D_{\text{Э}} + \Delta D_{\text{кон}} - \Delta I_{\text{к}} - \Delta I_{\text{экс}} + \Delta H_{\text{Э}}; \quad (1.2)$$

$\Delta D_{\text{э}}$  – достигаемая экономия затрат по расходуемому энергоресурсу;  
 $\Delta D_{\text{соп}}$  - экономия, сопутствующая снижению расхода энергоресурса (в транспортные системы, склады, снижение влияния на окружающую среду);

$\Delta I_{\text{к}}$  - дополнительные издержки производства, обусловленные новыми капитальными вложениями;

$\Delta I_{\text{экс}}$  - прирост затрат в эксплуатации в связи с внедрением энергосберегающего мероприятия;

$\Delta H_{\text{э}}$  - прибыль (потери), связанные с налогообложением, банковским процентам по ссудам и др. в зависимости от уровня энергосбережения.

$$\Delta D_{\text{э}} = \text{Э}_{\text{д}} C_{\text{эд}} - \text{Э}_{\text{к}} C_{\text{эн}}, \quad (1.3)$$

где  $\text{Э}_{\text{д}}, \text{Э}_{\text{к}}$  - расход энергоресурсов до и после внедрения энергосберегающих мероприятий;

$C_{\text{эд}}, C_{\text{эн}}$  - цена единицы энергоресурса до и после внедрения энергосберегающих мероприятий.

Если мероприятие связано с заменой (вытеснением) одного и того же ресурса, то  $C_{\text{эд}} = C_{\text{эн}}$ .

Если мероприятие приводит к замене вида используемого ресурса, то  $C_{\text{эд}} \neq C_{\text{эн}}$ .

$$\Delta D_{\text{соп}} = \sum \beta_i (\text{Э}_{\text{д}} - \text{Э}_{\text{н}}), \quad (1.4)$$

$$\Delta I_{\text{к}} = \alpha_{\text{к}} K, \quad (1.5)$$

где  $\beta_i$ , - цена  $i$ -го фактора на единицу расходуемого ресурса;

$\alpha_{\text{к}}$  - коэффициент, учитывающий капитальную составляющую, отнесенную к одному году.

$$\Delta I_{\text{экс}} = V_{\text{экс}} K, \quad (1.6)$$

где  $V_{\text{экс}}$  – относительные расходы на эксплуатацию, включая оплату труда, ремонт и управление по дополнительным вложениям в энергосбережение.

$$\Delta H_{\text{э}} = \sum h_{ij} \Delta \text{Э}_i C_{\text{э}j}, \quad (1.7)$$

где  $h_{ij}$  – налоговые, таможенные, акцизные и другие  $i$ -е ставки на единицу стоимости потребляемой энергии  $j$ -го вида.

Инвестиционный вариант считается выгодным, если срок его окупаемости не превышает некоторого норматива, установленного фирмой в качестве критерия эффективности. Когда рассматривается несколько вариантов, удовлетворяющих этому условию, то выбирается тот, у которого срок окупаемости минимален.

### **Пример 1**

На предприятии в технологическом процессе для изготовления продукции применяется водяной пар. На данный момент времени пар закупается у ГРЭС по цене  $C_1=263$ руб 1Гкал. Годовая потребность пара для производственных целей составляет величину  $\Delta E_{\text{П}}=26473$ Гкал. Возможность снижения затрат на данном предприятии связана с получением пара с помощью автономной котельной. Для приобретения котельной необходимо затратить около  $K=8,4$  млн. руб. Достижимый экономический и энергосберегающий эффект связан с уменьшением стоимости 1Гкал пара до величины  $C_2=115$ руб (данная цена не учитывает затрат, связанных с наймом новых работников, установки оборудования, его ремонта и эксплуатации). Расчет экономии по формуле (1.3) дает экономию:

$$\Delta D_{\text{Э}} = \Delta E_{\text{П}}(C_1 - C_2) = 26473(263 - 115) = 3,93 \text{ млн. руб.}$$

Прирост годовых затрат в эксплуатации в связи с внедрением автономной котельной будет связан со следующими мероприятиями:

- наем новых работников, обслуживающих котельную:  
 $\Delta I_{\text{ЭКС1}} = V_{\text{ЭКС1}} \cdot K \ (V_{\text{ЭКС}} = 0,05);$
- установка и запуск котельной:  $\Delta I_{\text{ЭКС2}} = V_{\text{ЭКС2}} \cdot K \ (V_{\text{ЭКС}} = 0,07);$
- текущий ремонт котельной и ее техническое обслуживание:  
 $\Delta I_{\text{ЭКС3}} = V_{\text{ЭКС3}} \cdot K \ (V_{\text{ЭКС3}} = 0,03).$

Дополнительные издержки производства, обусловленные новыми капитальными вложениями, будут связаны с возведением помещения для установки котельной:  $I_K = \alpha_K \cdot K \ (\alpha_K = 0,05).$



Потери, связанные с налогообложением, обусловлены установкой котельной на предприятии:  $\Delta H_{\Sigma} = h_H \Delta \mathcal{E}_{\Pi} C_2$  ( $h_H = 0,05$  – налоговая ставка).

Расчет по формуле (1.2) дает значение экономического эффекта  $\Delta D_{\Sigma}$  от осуществления мероприятия:  $\Delta D_{\Sigma} = 2,1$  млн. руб.

Подставляя в формулу (1.1) можно произвести расчет срока окупаемости котельной:

$$\tau = 8,4 / 2,1 = 4 \text{ года.}$$

## ***1.2 Метод «нормы прибыли» (рентабельности)***

При внедрении новой энергосберегающей и безотходной технологии, обеспечивающей снижение энергопотребления или замену одного энергоресурса другими, оценку эффективности целесообразно строить на показателях рентабельности.

Норма прибыли или рентабельность инвестиций рассчитывается как отношение ожидаемой годовой прибыли (экономии на издержках производства) к величине инвестиций по проекту. Расчетное значение этого показателя сопоставляется с предельно допустимой рентабельностью, которая в общем случае устанавливается эмпирически, исходя из традиционной нормы для данной отрасли, вида продукции, направления капиталовложений. Выбирается тот вариант, который обеспечивает эту предельную норму прибыли или дает наибольшую рентабельность по сравнению с другими альтернативами.

Предельную норму прибыли рекомендуется дифференцировать по направлениям капиталовложений. В табл. 1 приведены обобщенные проранжированные оценки этого параметра, основанные на многолетнем опыте инвестиционной деятельности широкого круга зарубежных промышленных фирм.

Из таблицы можно сделать вывод, что более приоритетные направления капиталовложений дают пониженные требования к эффективности инвестиций; эти требования повышаются с ростом неопределенности результатов инвестиционных решений.

Таблица 1.1

Класс капиталовложений	Направления капиталовложений	Нижний предел нормы прибыли, %
1	«Вынужденные» (охрана природы, условия труда и т.д.)	Требований нет
2	Сохранение позиций на рынке	6
3	Обновление оборудования	12
4	Экономия эксплуатационных затрат	15
5	Увеличение доходов (расширение традиционных сфер деятельности)	20
6	«Рисковые» (научно-техническая продукция, новые сферы деятельности и т.д.)	25

Следует подчеркнуть, что инвестиционные варианты конкурируют между собой только в пределах данного класса (направления) капиталовложений:

$$\rho_H = \Pi_{\Sigma}^H / K_{\Sigma}^H \geq \rho_D \rightarrow \max, \quad (1.8)$$

$$\Pi_{\Sigma}^H = \sum \Pi_e^H; K_{\Sigma}^H = \sum K_m^n, \quad (1.9)$$

где  $\rho_H$  – рентабельность вытесняемых технологических процессов и установок;

$\Pi_e^H$  - прибыль, получаемая от  $e$ -го вида продукции или результата внедрения (она оценивается не только энергетической, но и другими составляющими затрат и результатов);

$K_m^n$  - капиталовложения в  $m$ -й элемент технологической системы, характеризующий не только снижение энергоемкости, но и утилизацию отходов, использование других ресурсов, в комплексе обеспечивающих снижение энергоемкости. Метод нормы прибыли рекомендуется применять, когда у предприятия размеры собственного капитала ограничены, а ситуация на рынке капиталов неопределенная и неблагоприятная. Обычно при использовании метода нормы прибыли предпочтение отдается небольшим капиталовложениям.

Обоснование мероприятий технологического характера должно производиться с учетом всех затрат по их осуществлению и получае-

мых в результате этого эффектов (увеличение производства продукции вследствие повышения производительности установки).

Выбор решения по энергосбережению должен базироваться на учете продолжительности использования энергосберегающего мероприятия, изменения масштабов экономии ресурсов во времени, инфляции и других временных факторов.

Учет продолжительности использования мероприятия [1], обеспечивающего энергосбережение, и изменения масштабов экономии энергоресурсов во времени возможны на основе метода дисконтирования затрат и результатов с использованием сложных процентов (на основе соответствующих динамических критериев эффективности).

Для этого необходимо установить:

- срок действия энергосберегающего мероприятия;
- распределение капитальных затрат в энергосбережение по годам;
- показатели масштабов экономии во времени.

### **Пример 2**

Объемы годового потребления электроэнергии предприятием  $V=8512685$  кВт·ч/год (установленная мощность 1100кВт). Стоимость покупаемой электроэнергии  $C=1,5$  руб/кВт. В рамках энергосберегающего мероприятия возможно приобретение автономной электростанции (АЭС) на базе двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с установленной электрической мощностью 500кВт, которая может работать как на газе, так и на мазуте. Время непрерывной работы установки на 100% мощности  $T=8424$  ч ( $T_{T.O} = 336$  часов в год – сервисное техническое обслуживание). Объем вырабатываемой электроэнергии за год  $\mathcal{E}_{эл.} = 500 \cdot 8424 = 4212000$  кВт·ч/год. Капиталовложения для АЭС, работающей на газе, составят величину  $K_m^g = 1,29$  млн. руб., а для АЭС, работающей на мазуте, составят величину  $K_m^M = 1,37$  млн. руб. При этом с учетом всех затрат стоимость электроэнергии вырабатываемой АЭС, работающей на газе, составит величину  $C_2 = 0,78$  руб., а стоимость электроэнергии, вырабатываемой АЭС, работающей на мазуте, составит

величину  $C_M=0,81$ руб. Экономический эффект будет связан с экономией средств на электроэнергию:

$$\text{Газ: } \Pi_e^G = \Delta_{эл}(C - C_G) = 4212000 \cdot (1,5 - 0,81) = 3033000 \text{ руб.}$$

$$\text{Мазут: } \Pi_e^M = \Delta_{эл}(C - C_M) = 4212000 \cdot (1,5 - 0,78) = 2906280 \text{ руб.}$$

Полученные данные позволяют оценить рентабельность использования АЭС, работающей на газе, и АЭС, работающей на мазуте, используя выражение (1.8):

$$\rho_e^G = \Pi_e^G / K_m^G = 2,35;$$

$$\rho_e^M = \Pi_e^M / K_m^M = 2,12.$$

Таким образом, по рентабельности эффективнее будет использовать на предприятии в целях энергосбережения АЭС, работающую на газе (мазут – как резервное топливо).

### ***1.3 Сравнительная экономическая эффективность вариантов капиталовложений***

При значительном числе сравниваемых вариантов в качестве показателя сравнительной эффективности рекомендуется использовать формулу полных расчетных затрат:

$$\begin{aligned} Z_i &= I_i + r_H K_i \rightarrow \min \\ Z_i &= K_i + T_H I_i \rightarrow \min' \end{aligned} \tag{1.10}$$

где  $K_i$  и  $I_i$  – соответственно капиталовложения и годовые издержки производства по каждому из сравниваемых вариантов проектных решений.

Вариант, где полные расчетные затраты минимальны, является экономически наиболее целесообразным.

Формулы полных расчетных затрат обеспечивают достаточно точные результаты расчетов только в тех случаях, когда можно не учитывать в сопоставимых технико-экономических расчетах фактор времени (сроки строительства до одного года, одинаковые сроки строительства и выхода на режим нормальной эксплуатации сравниваемых вариантов), то есть в тех случаях, когда в сравниваемых проектных вариантах можно пренебречь разницей в потерях от замораживания ка-

питаловложений в незавершенном строительстве. В энергетике учет этих потерь особенно существенен в расчетах по выбору оптимальных вариантов, а также при обосновании сравнительной эффективности энергосберегающих проектов.

### **Пример 3**

Оценить, будет ли эффект от перевода котельной с мазута на газ, можно с помощью приведенных затрат следующим образом:

$$Z_{\text{норм}} = K + T_H I_i,$$

где  $K$  – капитальные вложения, тыс. руб.;  $T_H$  – нормативный срок окупаемости;  $I_i$  – годовые эксплуатационные затраты, тыс.руб./год.

Для энергетических объектов в случае применения новой техники  $T_{\text{норм}} = 6,7$  года.

Газ:  $K_G = 215$  тыс. руб.,  $I_{iG} = 4226$  тыс. руб.

Мазут:  $K_M = 437$  тыс. руб.,  $I_{iM} = 4705$  тыс. руб.

Расчеты дают следующие значения приведенных затрат:

Газ:  $Z_{\text{норм}}^G = 215 + 6,7 \cdot 4226 = 28533$  тыс. руб.

Мазут:  $Z_{\text{норм}}^M = 437 + 6,7 \cdot 4705,658 = 32402$  тыс. руб.

$$\Delta Z = Z_{\text{норм}}^M - Z_{\text{норм}}^G = 32402 - 28533 = 3869 \text{ тыс. руб.}$$

Из приведенных вычислений приведенных затрат следует, что работа котельной на газе экономически эффективнее.

### ***1.4 Расчеты с учетом фактора времени***

Одна из центральных проблем при расчете инвестиций состоит в том, чтобы сопоставить варианты, которые делаются в различные моменты времени. Это осуществляется с помощью метода приведенной стоимости (дисконтирования). Основная идея метода состоит в том, что выплаты в разные моменты времени приводятся к одному моменту. Это дает возможность сравнивать между собой разные платежи. Для того чтобы получить приведенную стоимость, платежи умножаются на коэффициент дисконтирования  $B_i$ .

При приведении к первому году расчетного периода:

$$B_i = 1 / (1 + q)^{t-1}, \quad (1.11)$$

при приведении к последнему году расчетного периода

$$B_i = (1 + q)^{T-t}, \quad (1.12)$$

где  $q$ -дисконтная ставка (рыночная норма процента, по которой можно предоставить ссуду или получить кредит, процент по государственным бумагам и т.д.). Это и есть норма прибыли, которую предприятие может получить от альтернативного капиталовложения с таким же риском;

$T$ - время расчетного периода;

$t$  - текущий год расчетного периода.

Наиболее существенным аспектом количественной оценки фактора времени в энергоэкономических расчетах является учет потерь от «замораживания» капиталовложений в незавершенном строительстве.

$$T = t, \quad \Delta K_{\text{ПОТ}} = K_{\text{ПР}} - K,$$

$$t = 1 \text{ или } T = t, \quad K_{\text{ПР}}^T = \sum K_t (1 + q)^{T-t}, \quad (1.13)$$

$$t = 1, \quad K_{\text{нр}}^1 = \sum K_t / (1 + q)^{t-1},$$

где  $K_t$  – капиталовложения в году.

При приведении к первому году расчетного периода нельзя непосредственно определить количественно потери от «замораживания» капиталовложений, так как:

$$\Delta K_{\text{ном}} = K_{\text{ПР}}^1 - K < 0. \quad (1.14)$$

Аналогично рассчитываются и годовые издержки производства.

Приведенные полные расчетные (инвестиционные) затраты тогда составят:

$$T = t, \quad Z = K_{\text{ПР}} + I_{\text{ПР}},$$

$$t = 1 \text{ или } T = t, \quad Z^T = \sum (I_t + r_H K_t) (1 + q)^{T-t} \rightarrow \min, \quad (1.15)$$

$$t = 1, \quad Z^1 = \sum (I_t + r_H K_t) / (1 + q)^{t-1} \rightarrow \min.$$

#### **Пример 4**

Годовые капиталовложения  $K_t$ , связанные с энергосбережением, на предприятии составляют величину 3 млн. руб., инвестиции  $I_t=0,5$ млн.

руб. Дисконтная ставка ссуды, представляемой банком на  $T=3$  года, равна  $q=0,12$ ,  $r_H=0,18$ . Рассчитать приведенные полные затраты.

Для выполнения данного расчета воспользуемся формулой (1.15):

$$Z^T = \sum (I_t + r_H K_t)(1 + q)^{T-t}.$$

Подставим все данные в последнюю формулу и, просуммировав затраты за три года, получим полные затраты  $Z^T=3,645$  млн. руб.

Экономический эффект будет связан с экономией средств при получении пара с помощью автономной котельной  $\Delta Ц=82$ руб/Гкал. Годовой расход пара  $P_n=25473$ Гкал.

Тогда экономия за три года составит величину

$$\mathcal{E}_z = T \cdot \Delta Ц \cdot P_n = 3 \cdot 82 \cdot 26473 = 6,512 \text{ млн. руб.}$$

Тогда чистый экономический эффект составит величину:  $\mathcal{E} = \mathcal{E}_z - Z^T = 2,867$  млн. руб.

Если ежегодные инвестиции, взятые за три года, положить на депозитный счет в банк под 15% годовых ( $q_B=0,15$ ), то за три года будет получена сумма:

$$K_\Sigma = (T \cdot K_t) \cdot (1 + q_B)^T = 2,281 \text{ млн. руб.}$$

Так как  $\mathcal{E} > K_\Sigma$ , то эффективнее будет вложить деньги в энергосберегающие мероприятия.

### ***1.5 Определение предельной энергетической эффективности инвестиций в энергосбережении***

Наиболее распространенной является оценка эффективности энергосберегающих мероприятий с помощью метода удельных приведенных затрат. Однако в силу весьма вероятностного характера общей экономической ситуации, приводящей к невозможности достоверного определения в настоящее время энергопотребителями целесообразных масштабов перспективного энергоиспользования (при относительности прогнозных оценок стоимости энергии, а также по их финансовому состоянию), она может оказаться непоказательной.

Вопрос о целесообразности осуществления энергосберегающих мероприятий в этих условиях имеет смысл рассматривать путем определения предельной экономической эффективности капиталовложений в

эти мероприятия с учетом временного фактора. В качестве дисконта может быть принята норма прибыли от капиталовложений или величина рыночной нормы процента, по которой можно получить ссуду или предоставить кредит. Это означает, что вложение средств в энергосбережение дает не меньший доход, чем самое выгодное альтернативное вложение капитала.

В условиях неопределенности ситуации на рынке капитала в качестве дисконта предпочтительно применять среднеотраслевую норму прибыли от капиталовложений, что позволяет планировать рентабельность проводимых мероприятий.

В качестве основы для оценки эффективности мер экономии энергии принято следующее положение: инвестиции в экономию оправданы лишь в том случае, если они ниже стоимости энергии, которая будет сэкономлена с их помощью в течение амортизационного периода данных энергосберегающих инвестиций, т.е.

$$T_c = t, \quad K_{\text{ЭС}} \leq \sum_{i=1}^n \Pi_{it} S_{it} (1+q)^t, \quad (1.16)$$

$$i = 1, \quad t = 1,$$

где  $K_{\text{ЭС}}$  – предельные капиталовложения в энергосберегающие мероприятия;

$i$ -индекс вида энергоресурсов;

$T_c$  - нормативный срок службы энергоэффективного объекта (амортизационный период);

$\Pi_{it}$  - потенциал экономии  $i$ -го вида энергоресурса на  $t$ -м году службы энергоэффективного объекта;

$S_{it}$ - цена  $i$ -го вида энергоресурса в  $t$ -м году;

$q$ - дисконтная ставка.

Левая часть неравенства представляет собой нынешнюю стоимость энергосберегающих инвестиций. Таким образом,  $K_{\text{ЭС}}$  означают необходимые в данной конкретной ситуации дополнительные расходы, связанные с энергосбережением инвестиций, то есть ее «предельные издержки». Выражение в правой части характеризует эффект указанных инвестиций.



При решении вопроса об экономичности данных энергосберегающих инвестиций сопоставляется стоимость инвестиций со стоимостью сэкономленной энергии.

Издержки, связанные с инвестицией  $K_{ЭС}$ , приходятся на настоящий момент и известны хозяйствующему субъекту. В правой же части величина и динамика изменения потенциала энергосбережения ( $\Pi_{it}$ ) и цен на энергоносители ( $S_{it}$ ) на ближайшую перспективу достаточно корректно описываются формулой

$$\ln \Pi_{it}(S_{it}) = \ln a + b \ln t, \quad (1.17)$$

где  $a$  и  $b$ - постоянные коэффициенты степенной функции.

Эффект от экономии энергии дисконтируется к настоящему времени с помощью нормы прибыли, при этом проверяется предпосылка о ее постоянстве во времени.

Проведенные расчеты показывают, что инвестиции в энергосбережение тем выгоднее, чем:

- интенсивнее будет происходить приближение внутренних цен на энергоносители к мировому уровню;
- выше значение нормы прибыли от капиталовложений;
- продолжительнее амортизационный период энергосберегающей инвестиции, следовательно, с точки зрения энергетической политики любая мера, способствующая удлинению амортизационного периода, есть благо.

Все величины предлагаемой выше модели инвестиционных расчетов можно рассматривать как переменные, поэтому, давая им различные значения, можно исследовать, каким образом изменяется результат, т.е можно оценить чувствительность результата инвестиционных расчетов к изменению исходных гипотез.

### **Пример 5**

За счет приобретения автономной электростанции с установленной мощностью 750 кВт возможный потенциал экономии электроэнергии составит величину около  $\Pi_t = 6300000$  кВт·ч в год. Предельные капиталовложения, связанные с внедрением электростанции на предприятии,

равны  $K_{ЭС} = 2,65$  млн. руб. Стоимость закупаемой электроэнергии составляет величину  $C_t = 1,5$  руб./кВт·ч. Стоимость электроэнергии, получаемой с помощью электростанции с учетом всех производственных издержек,  $C_t^1 = 0,73$  руб./кВт·ч. Дисконтная ставка составляет величину 15%. Нормативный срок службы автономной электростанции  $T_c = 7$  лет. Оценить экономическую целесообразность данного энергетического мероприятия.

Для оценки экономической целесообразности данного мероприятия необходимо воспользоваться соотношением (1.16):

$K_{ЭС} \leq P_t S_t (1+q)^t$ ,  $S_t = C_t - C_t^1 = 0,72$  руб./кВт·ч. Расчет правой части последнего выражения составляет величину:  $P_t S_t (1+q)^t = 12,066$  млн. руб.

Таким образом, экономико-энергосберегающий эффект больше капитальных вложений в 4,5 раза и, соответственно, данное мероприятие является экономически выгодным.

## **2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИДЕАЛЬНЫХ АНАЛОГОВ РЕАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

Абсолютные значения энергетического коэффициента полезного действия (КПД), установленные по выражению

$$КПД = W_{П} / W_{Э}, \quad (2.1)$$

где  $W_{П}$  - полезный энергетический эффект;

$W_{Э}$  - суммарные затраты энергии,

несут информацию лишь о достигнутом уровне энергоиспользования в данном технологическом процессе, но не показывают, насколько высок этот уровень и есть ли возможности его дальнейшего повышения.

Используемый иногда на практике [2] способ оценки эффективности технологического процесса путем сопоставления его технико-экономических показателей с соответствующими показателями лучших на данный момент времени отечественных или зарубежных образцов, имеет недостаток, заключающийся в том, что уровень техники и степень использования энергоресурсов все время повышаются. Сле-

довательно, с течением времени изменяются показатели объекта сравнения и может появиться необходимость его замены на новый, с лучшими характеристиками, что, естественно, вызывает неудобство пользования этим методом.

Вероятно, оценка эффективности процессов должна быть основана на сравнении их характеристик с теоретическими (предельными) термодинамическими показателями, устанавливаемыми на базе идеального аналога процесса. В этом случае показатели объекта сравнения являются стабильными, независимыми от любых преходящих факторов.

При этом, в зависимости от характера решаемых задач, используется аналог с разной степенью идеализации (предельная идеализация – цикл Карно, определяемый только температурами горячего и холодного источников).

Способ выбора идеального аналога следующий. Принимается, что всякому реальному процессу может быть поставлен в соответствие процесс, описываемый совокупностью явлений, являющихся определяющими в реальном времени. Значения затрат сырьевых материалов и энергии, необходимых для получения единицы рассматриваемого продукта в таком идеальном процессе, могут служить оценками расходов исходного сырья и энергоресурсов соответствующего нового процесса, внедряемого в перспективе. Рассчитывается энергетический КПД выбранного идеального аналога, значение которого будет предельным для соответствующего КПД реального процесса. Величина, равная отношению фактически достигнутого и предельного КПД, называемая относительным КПД ( $KПД'$ ), служит мерой степени термодинамического совершенства исследуемого процесса:

$$KПД' = KПД_p / KПД_{и} \quad (2.2)$$

где  $KПД_p$  - КПД реального процесса;

$KПД_{и}$  - КПД выбранного идеального аналога.

Чем выше значение  $KПД'$ , тем совершеннее в энергетическом смысле данный процесс и тем труднее найти способы повысить величину достигнутого для него КПД.

### 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Каждый технологический процесс [3] с момента своего внедрения в практику постоянно совершенствуется, результатом чего является повышение его КПД. Характер изменения КПД реального процесса во времени представляет собой возрастающую кривую, асимптотически приближающуюся к пределу – идеальному КПД данного процесса. Соответственно этому энергозатраты на производство продукта с течением времени стремятся к предельной, практически недостижимой величине- энергозатратам его идеального аналога.

Исходя из этого, под потенциалом энергосбережения  $P_t$  в момент  $t$ , понимают теоретически возможную величину снижения энергозатрат в технологическом процессе ( $W_t$ ) до уровня затрат энергии в его идеальном аналоге ( $W_{И}$ ), т.е. потенциал энергосбережения – это разница между достигнутыми и теоретическими затратами энергии на производство единицы рассматриваемого вида продукции, которая является предельной, реально недостижимой величиной. Потенциал энергосбережения является величиной переменной и в пределе асимптотически приближается к нулю.

Суммарный резерв экономии энергии представляет собой разницу между энергопотреблением процесса на базовом и перспективном уровнях:

$$P_t = W_t - W_{(t+\Delta t)} . \quad (3.1)$$

На рис.3.1 наглядно видно, что резерв экономии энергии за счет совершенствования процесса сильно зависит от достигнутого базового уровня производства, уровня энергоиспользования, а следовательно, потенциала энергосбережения в данный момент времени, т.е. от той точки на кривой, которая соответствует современному состоянию технологии. Причем для высокоразвитого производства возможности снижения энергозатрат, а значит, и располагаемый резерв экономии за один и тот же временной интервал  $t$  на пологом участке кривой, могут быть значительно более низкими, чем для периода промышленного освоения технологии (начальный участок кривой).

Целесообразно определять резерв экономии энергии как разницу потенциалов энергосбережения базового и перспективного уровней:

$$P_t = \Pi_t - \Pi_{(t+\Delta t)}. \quad (3.2)$$

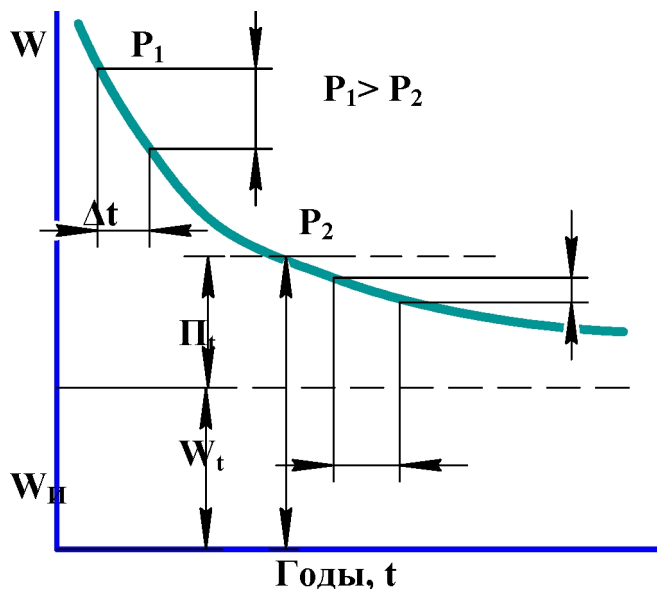


Рис.3.1. Резерв экономии энергии

Поскольку величина потенциала с течением времени стремится к нулю, то резерв экономии, представляющий собой разность потенциалов двух временных этапов, также стремится к нулю.

Характер кривой изменения энергопотребления процесса, технологии во времени может меняться в зависимости от жесткости проводимой энергосберегающей политики; при более жесткой политике энергосбережения кривая фактического энергопотребления будет падать более интенсивно, приближаясь к своей предельной величине.

Методический подход к определению потенциала и резерва энергосбережения, обусловленных выводом устаревших и вводом новых технологий, несколько отличается от изложенного выше.

Очень часто идеальные аналоги рассматриваемых технологий не совпадают. В подобных случаях оценка потенциала энергосбережения при замене одной технологии невозможна без определения абсолютного энергопотребления, которое может быть справедливо применительно к любым технологиям получения рассматриваемого продукта

из заданного исходного сырья. Такие энергозатраты имеют идеальный аналог производства этого продукта с предельной степенью идеализации.

Введение идеальных аналогов и определение на их основе теоретических потенциалов энергосбережения дают возможность для анализа путей рационализации, позволяют оценить, как близко к предельным уровням мы находимся: чем ближе, тем более сложными и дорогими способами может быть достигнуто повышение эффективности технологии. Использование идеальных аналогов полезно и при разработке норм энергопотребления. Знание предела снижения энергозатрат не позволяет устанавливать нормы расхода энергии на продукт ниже теоретически возможных, хотя такая ситуация иногда наблюдается в практике.

#### **4 ПОТЕНЦИАЛ И РЕЗЕРВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ (ВЭР)**

Одним из существенных резервов энергосбережения в промышленности является использование вторичных энергоресурсов (ВЭР), неизбежно возникающих в различных технологических процессах.

Каждая технологическая установка характеризуется вполне определенным энергетическим КПД, показывающим, какая величина подведенной к процессу энергии теряется.

Один из путей снижения потерь – использование возможности возвращения части потерь энергии непосредственно в тот процесс, в котором они образуются. Многочисленные исследования подтверждают энергетическую и экономическую эффективность регенерации и рекуперации энергии. После этого остаются потери, которых при данной технологии при существующем развитии техники уменьшить и избежать нельзя. Эту часть энергетических потерь принято считать вторичными энергоресурсами.

Под ВЭР подразумевается энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в тех-

нологических агрегатах (установках), который не используется в самом агрегате, но может быть частично или полностью использован для энергоснабжения других потребителей. Обычно выделяют следующие виды ВЭР: горючие, тепловые и избыточного давления.

Величина теоретически пригодных для использования ВЭР показывает лишь потенциальные (предельные) возможности процесса, агрегата и предприятия в целом по совершенствованию их энергоиспользования, повышения КПД для принятой технологической схемы производства. Теоретически пригодные ВЭР могут быть полностью утилизированы в энергетических установках, КПД которых равен единице. Поскольку это невозможно, необходимо определять долю потенциальных ВЭР, которую можно использовать в реальных энергоустановках, т.е. величину технически пригодных для утилизации ВЭР.

Технически пригодные ВЭР, т.е. резервы экономии энергоресурсов за счет использования ВЭР ( $P_{ВЭР}$ ), могут быть установлены как

$$P_{ВЭР} = P_{ВЭР} \cdot КПД_u, \quad (4.1)$$

где  $P_{ВЭР}$  - потенциальные ВЭР;

$КПД_u$  - КПД утилизационной установки, предназначенной для использования рассматриваемого вида ВЭР.

Однако указанным способом из энергобаланса можно определить лишь валовой выход ВЭР без учета режима их выдачи. В то же время режим поступления ВЭР может существенно повлиять на выбор производительности утилизационного оборудования, устанавливаемого на конкретном технологическом объекте, что, в свою очередь, скажется на выработке тепла за счет ВЭР.

Технический прогресс в отраслях промышленности оказывает огромное влияние на перспективный выход и структуру ВЭР.

С одной стороны, увеличение степени использования ВЭР является одним из способов повышения КПД технологических процессов. Поэтому в перспективе будет увеличиваться их оснащенность уже освоенным утилизационным оборудованием. Кроме того, разрабатываются новые типы для утилизации таких ВЭР, которые в настоящее время не

утилизируются. Под влиянием этих факторов коэффициент использования ВЭР в перспективе будет повышаться.

С другой стороны, совершенствование энергоемких процессов и разработка принципиально новых технологий, укрупнение единичных мощностей агрегатов, как правило, ведут к снижению выхода ВЭР на единицу продукции.

Необходимо подчеркнуть, что серьезные резервы повышения эффективности энергоиспользования кроме внедрения энергосберегающей технологии, снижения прямых и косвенных потерь энергоресурсов включают также совершенствование организационно-экономического механизма управления энергосбережением.

Примером применения устройств, использующих теплоту вторичных энергетических ресурсов, является внедрение и установка тепловых насосов для отопления зданий и сооружений. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращенную холодильную машину и, по аналогии, содержит испаритель, конденсатор и контур, осуществляющий термодинамический цикл. Основные типы термодинамических циклов - абсорбционный и парокомпрессионный, (наиболее распространённый). Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель - теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту: вторичные энергетические ресурсы и (или) нетрадиционные возобновляемые источники энергии.

Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Коэффициент преобразования (КОП) теплового насоса - отношение теплопроизводительности к энергопотреблению - зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, т.е. на 1 кВт затраченной энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. Температурный



уровень теплоснабжения от тепловых насосов 35 - 55 °С. Экономия энергетических ресурсов достигает 70%. Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокомпрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт.

### **Пример 6**

Представим сравнительный анализ стоимости 1МДж тепла при различных источниках энергии.

При использовании термоэлектрического нагревателя стоимость энергии 1 кВт·ч = 3,6 МДж составит около 2 рублей – значит, 1 МДж будет стоить около 55 копеек.

С помощью теплового насоса, в зависимости от его эффективности [4] (коэффициент преобразования КОП = 4...5), стоимость 1 МДж тепла составит величину в соответствующее количество раз меньшую, т.е. от 11 до 14 копеек.

При отоплении мазутом (1 кг при сжигании дает 44 МДж тепла и стоит около 20 рублей) 1 МДж тепла будет стоить около 45 копеек.

Природный газ при сгорании 1 кг дает 33 МДж тепла. 1 куб. м имеет массу около 800 г. Стоимость газа для населения в центральном регионе около 956 рублей за 1000 кубов (без НДС). Получается, что 1 кубометр для населения стоит около 1 рубля 13 копеек – значит, 1 МДж будет стоить около 3,5 копеек. Для промышленности газ раза в полтора дороже - около 5 копеек.

Таким образом, данный расчет показывает экономическую, экологическую и энергосберегающую эффективность применения тепловых насосов (обогрев с помощью тепловых насосов занимает второе место после обогрева магистральным газом) для отопления сооружений и зданий (табл. 4.1).

Таблица 4.1

<b>Источник тепла</b>	<b>Стоимость 1МДж тепла</b>
Магистральный газ для промышленности	5 коп.
Земля с помощью электрического тепло-	11 - 14 коп.

вого насоса	
Сжиженный газ	25 коп.
Мазут	45 коп.
Термоэлектрический нагреватель	55 коп.

## **5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА**

С экономической точки зрения экономить тем выгоднее, чем выше доля энергетических издержек в данной отрасли промышленности. Если же полученная экономия обратно пропорциональна доле энергетических издержек, то это показывает, что здесь экономия энергии является не только результатом действия определенного стимула, но зависит и от технических возможностей или от издержек по экономии энергии, то есть от расходов на те факторы производства, которые заменяют энергию.

Производственная функция указывает максимальный выпуск продукции  $Q$ , который может произвести предприятие при каждом отдельном сочетании факторов производства.

Для простоты понимания предположим, что имеются два вводимых фактора: затраты труда  $P$  (в виде расходов на заработанную плату) и затраты энергии  $W$ . Тогда можно производственную функцию записать как  $Q=F(P, W)$ .

Данное уравнение, применимое к определенной технологии, показывает, что объем выпуска продукции зависит от количества двух производственных факторов- труда и энергии.

Кривая, на которой расположены все сочетания производственных факторов, использование которых обеспечивает одинаковый выпуск продукции, носит название изокванты.

На рис.5.1 графически изображены две вариации.

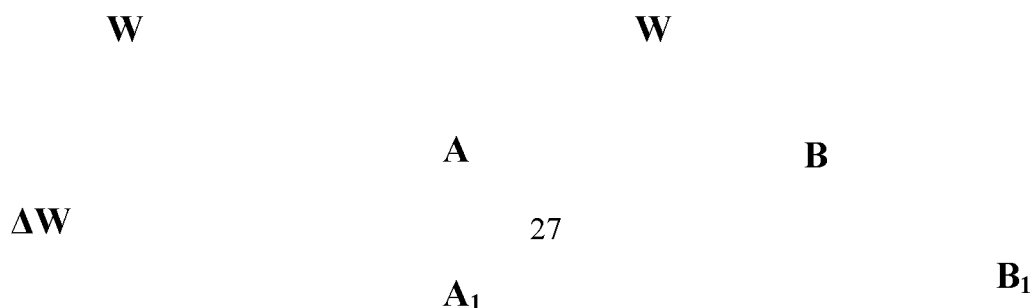
- а) недопущение расточительства (которое не требует затрат);
- б) внедрение энергосберегающего оборудования.

Всякий раз количество энергии  $W$  на оси ординат сопоставляется с одним из любых других факторов производства  $P$  на оси абсцисс. Ес-

ли предприятие выпускает продукцию в случае (а) при комбинации факторов  $A$ , т.е. расположенной вне изокванты, то это означает, что хозяйствование ведется нерентабельно и факторы производства используются непродуманно. Это предприятие может без привлечения другого фактора производства получить экономию энергии на величину  $W$  и перейти к комбинации факторов производства, которая будет расположена на изокванте.

В случае (б) предполагается, что предприятие выпускает продукцию в точке  $B$ , т.е. любые комбинации факторов на изокванте являются технически возможными и позволят производить одинаковый объем продукции. Выбор определенной комбинации факторов будет зависеть от их стоимостного соотношения. Если это соотношение изменится таким образом, что  $P$  окажется дешевле, чем  $W$ , то предприятие должно будет перейти к комбинации  $B'$ . При замещении вышерассмотренного типа уменьшению использования одного какого-либо фактора производства всегда должно соответствовать увеличение использования какого-либо другого фактора, причем интенсивность факторов изменяется противоположно стоимостным отношениям.

Технические усовершенствования разрабатываются и внедряются, как правило, в целях экономии тех производственных факторов, цены на которые наиболее значительно возросли и, соответственно, доля которых в общих издержках является наибольшей. В период дешевой энергии экономия последней не являлась первоочередной задачей в ряду приоритетов, относящихся к экономике и организации производства предприятия. С экономической точки зрения экономия была весьма незначительной во многих отраслях промышленности, в том числе в таких, в которых ее результаты могли бы быть существенными.



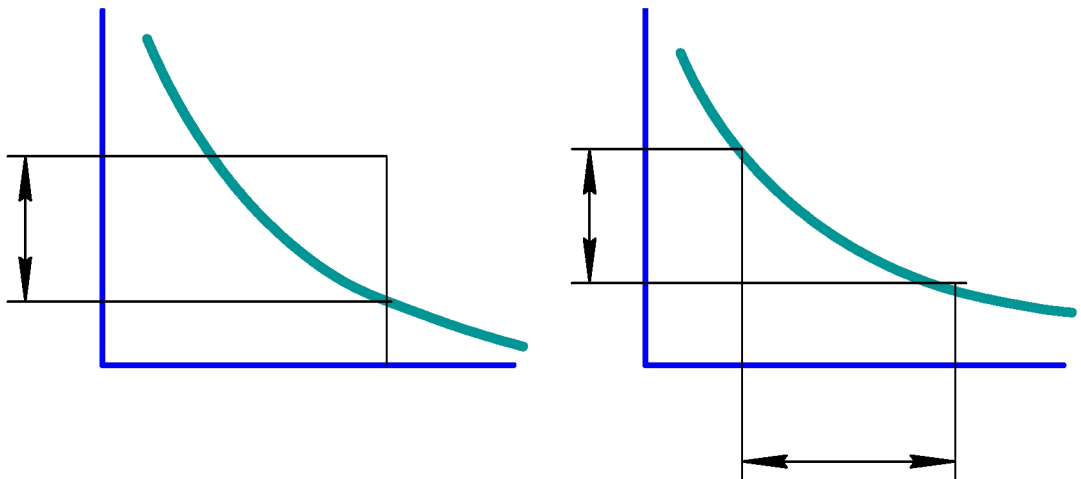


Рис.5.1. Экономия энергии на основе теории факторов производства

## 6 СИСТЕМА ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Систему энергоэкономических показателей следует применять с целью всестороннего изучения полного энергопотребления, его величины, структуры и динамики [6]. Анализ энергоэкономических показателей позволяет исследовать закономерности развития энергохозяйства предприятия во времени и проводить сравнительные сопоставления уровней эффективности его функционирования, что даст возможность оценить степень энергоиспользования, выявить скрытые резервы экономии топлива и энергии, наметить пути дальнейшей рационализации энергетики предприятия.

Анализ энергоэкономических показателей проводится одновременно с анализом показателей хозяйственной деятельности предприятий: производительности труда, рентабельности производства, фондовооруженности.

Динамика энергоэкономических показателей характеризует:

- тенденцию и специфику развития производства;
- степень эффективности использования энергоресурсов.

Расчет показателей энерговооруженности труда, энергоемкости основных производственных фондов и продукции, коэффициента электрификации проводится по количеству подведенной энергии.

Количество подведенной энергии в т.у.т. (тонна условного топлива) рассчитывается по формуле

$$A=B+0,123Э+0,143Q, \quad \dots\dots\dots (6.1)$$

где  $B$  - топливо, поступающее на предприятие извне, т.у.т.;

$\mathcal{E}$  - электроэнергия, поступающая от внешних источников электро-снабжения, МВт·ч;

$Q$  - тепловая энергия, поступающая от внешних источников тепло-снабжения, Гкал;

0,123- теоретический коэффициент перевода электроэнергии в ус-ловное топливо;

0,143- теоретический коэффициент перевода тепловой энергии в ус-ловное топливо.

В зависимости от целей анализа в качестве теоретических коэффи-циентов перевода также могут быть использованы значения удельных расходов топлива на производство электрической и тепловой энергии.

При анализе динамики энергоэкономических показателей все стои-мостные показатели должны быть рассчитаны по сопоставимым ценам с указанием года приведения (табл.6.1, 6.2).

Таблица 6.1 Источники информации для анализа и расчета энергоэкономических показателей

Показатели	Обозначения
Объем товарной продукции (тыс. руб.)	П
Численность промышленно- производственного персона-ла (чел.)	М
Производительность труда (тыс. руб./ чел.)	Пм
Стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.)	Ф
Полное энергопотребление предприятия (т.у.т.)	А
Полное электропотребление (кВт·ч)	Э
Полное теплопотребление в паре и горячей воде (Гкал)	Q
Потребление топлива на технологию (т.у.т.)	В
Установленная мощность (кВт)	Рн

Таблица 6.2 Система энергоэкономических показателей работы предприятия

Показатели	Расчетная формула
Энерговооруженность труда (т.у.т./ чел.)	$A_m = A/M$
Электровооруженность труда по энергии (кВт·ч./ чел.)	$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}/M$

Электровооруженность труда по мощности (кВт/ чел.)	$\text{Эм}=\text{Рн}/\text{М}$
Энергоемкость основных производственных фондов (т.у.т./ тыс. руб.)	$\text{Аф}=\text{А}/\text{Ф}$
Электроемкость основных производственных фондов (кВт·ч/ тыс. руб.)	$\text{Эф}=\text{Э}/\text{Ф}$
Энергоемкость продукции (т.у.т./ тыс. руб.)	$\text{Ап}=\text{А}/\text{П}$
Электроемкость продукции (кВт·ч/ тыс. руб.)	$\text{Эп}=\text{Э}/\text{П}$
Теплоемкость продукции (Гкал/ тыс. руб.)	$\text{Qп}=\text{Q}/\text{П}$
Коэффициент электрификации (%)	$\text{Эа}=0,00123\text{Э}/\text{А}$
Теплоэлектрический коэффициент (Гкал/ кВт·ч)	$\text{Qэ}=\text{Q}/\text{Э}$
Электротопливный коэффициент (кВт·ч/ т.у.т.)	$\text{Эв}=\text{Э}/\text{В}$

В качестве примера энергоэкономических характеристик реального производственного предприятия в табл. 6.3 и 6.4 приведены показатели одного из заводов города Самары.

Таблица 6.3

Показатели	Обозначения	Значения
Объем товарной продукции (тыс. руб.)	П	427824
Численность промышленно- производственного персонала (чел.)	М	650
Производительность труда (тыс. руб./ чел.)	Пм	658,2
Стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.)	Ф	455479
Полное энергопотребление предприятия (т.у.т.)	А	4884,8
Полное электропотребление (МВт·ч)	Э	6530
Полное теплопотребление в паре и горячей воде (Гкал)	Q	26473
Потребление топлива на технологию (т.у.т.)	В	296
Установленная мощность (кВт)	Рн	2000

### *Определение и анализ энергоэкономических показателей*

*Электровооруженность труда* зависит в основном от взаимного влияния двух групп противоположно действующих факторов:

- тенденции к увеличению в связи с совершенствованием технологии и организации производства, а также ростом производительности труда;
- тенденции к снижению в связи с совершенствованием энергетического хозяйства, сокращением потерь и низкопроизводительным расходом энергии.

Первая тенденция является преобладающей. Однако в отдельные периоды возможно и некоторое понижение энерговооруженности труда, причем это не будет служить признаком ухудшения работы предприятия. Такое снижение может быть связано с заменой угля природным газом или мазутом, рационализацией схем энергоснабжения при неизменной технологии производства и постоянном объеме выпуска продукции и другими стабилизирующими производство факторами.

Анализ темпов роста энерговооруженности труда и производительности труда целесообразно проводить одновременно. При этом энерговооруженность труда из года в год возрастает медленнее, чем производительность труда. Если энерговооруженность растет быстрее, чем производительность, то производство и энергопотребление должны быть тщательно проанализированы.

Таблица 6.4

Показатели	Расчетная формула	Значения
Энерговооруженность труда (т.у.т./ чел.)	$A_m = A/M$	7,52
Электровооруженность труда по энергии (кВт ч/ чел.)	$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}/M$	10,05
Электровооруженность труда по мощности (кВт/ чел.)	$\mathcal{E}_m = P_n/M$	3,08
Энергоемкость основных производственных фондов (т.у.т./ тыс. руб.)	$A_\Phi = A/\Phi$	0,011
Электроемкость основных производственных фондов (кВт·ч/ тыс. руб.)	$\mathcal{E}_\Phi = \mathcal{E}/\Phi$	0,014

Окончание табл. 6.4

Показатели	Расчетная формула	Значения
Энергоемкость продукции (т.у.т./ тыс. руб.)	$A_\Pi = A/\Pi$	0,011

Электроемкость продукции (кВт·ч/ тыс. руб.)	$\text{Эп}=\text{Э}/\text{П}$	0,015
Теплоемкость продукции (Гкал/ тыс. руб.)	$\text{Qп}=\text{Q}/\text{П}$	0,062
Коэффициент электрификации (%)	$\text{Эа}=0,123\text{Э}/\text{А}$	0,164
Теплоэлектрический коэффициент (Гкал/ кВт·ч)	$\text{Qэ}=\text{Q}/\text{Э}$	4,05
Электротопливный коэффициент (кВт·ч/ т.у.т.)	$\text{Эв}=\text{Э}/\text{В}$	22,06

*Электровооруженность труда* может расти в зависимости от изменения числителя и знаменателя:

- 1) при увеличении числителя и уменьшении знаменателя (при комплексной механизации или при улучшении условий труда);
- 2) при увеличении числителя и неизменном знаменателе (при улучшении режима работы предприятия и улучшении использования основных фондов);
- 3) при увеличении числителя и незначительном изменении знаменателя (при вытеснении электроэнергией других энергоносителей);
- 4) при неизменном числителе и уменьшении знаменателя (при улучшении организации производства);
- 5) при некотором уменьшении числителя и при большом уменьшении знаменателя (при комплексной автоматизации).

С пуском нового агрегата или внедрением нового производственного процесса удельный расход электроэнергии по предприятию обычно возрастает. Это происходит по двум причинам:

- новая технология, как правило, является более электроемкой;
- освоение новой техники неизбежно дает некоторый перерасход электроэнергии.

Поэтому в период пуска нового агрегата или процесса темп роста электровооруженности труда обгоняет темп роста производительности труда. По мере освоения перерасход электроэнергии сокращается, достигается проектная мощность агрегата и величина электропотребления, а затем начинается дальнейшая борьба за повышение производительности агрегата и экономию энергии. В этот период производительность труда будет обгонять электровооруженность труда. Однако



электровооруженность труда на предприятии в целом будет больше, чем до запуска нового агрегата как по абсолютной величине, так и по сравнению с уровнем производительности труда.

Если электровооруженность труда на отдельном предприятии превышает среднеотраслевой уровень, то причинами такого явления может быть более высокий, чем средний, уровень техники и организации производства; большой удельный вес электроэнергии в технологическом энергопотреблении, например за счет замены пламенных печей электропечами. В этом случае следует провести экономический анализ целесообразности замены энергоносителей.

Причины более низкой электровооруженности труда можно объединить в следующие группы:

- общепроизводственные - низкий уровень механизации вспомогательных, сборочных работ и ремонтов; большой возраст основных фондов (устаревшее оборудование, непригодные помещения и т.п.), препятствующий комплексной механизации и рациональной организации производства; недостаточная специализация и кооперирование производства; недостаточная ритмичность производства;
- энергетические - широкое применение топлива в высокотемпературных процессах; наличие парового привода в силовых процессах (паровые молоты, прессы), низкая степень электрификации среднетемпературных производственных процессов и т.п.;
- электрические - недостаточный уровень электропотребления из-за слабого развития вентиляции, кондиционирования воздуха, освещения и т.п.; недостаточная мощность электроснабжения и другие факторы.

Случаи стабилизации или снижения электровооруженности труда а также отставания темпов ее роста от энерговооруженности или производительности труда могут указывать на отклонение основных характеристик рассматриваемого предприятия от общих закономерностей.

В этом случае должен быть проведен детальный технико-экономический анализ.

*Установленная мощность* представляет собой полную максимально возможную мощность, потребляемую на предприятии оборудованием, станками и агрегатами, при одновременном их включении и работе в ходе технологического процесса.

*Энергоемкость основных производственных фондов* характеризует степень их энергонасыщенности. Эта характеристика производства появилась недавно и пока еще не накоплены сведения об основных тенденциях ее изменений. Можно лишь предполагать, что уровень энергоемкости основных производственных фондов должен расти во времени.

*Энергоемкость продукции*, как правило, неуклонно снижается. Однако иногда возможно единовременное увеличение энергоемкости при реконструкции производства, например в связи с устройством приточной вентиляции, кондиционирования воздуха и т.п. Но вслед за этим увеличением вновь должно начинаться снижение энергоемкости.

Рост энергоемкости возможен в двух случаях:

- специализация предприятия в направлении повышения удельного веса энергоемких процессов;
- переход предприятия на более дешевое сырье при той же технологии.

Во всех остальных случаях необходим тщательный анализ для выявления возможных фактов нерационального использования энергии.

*Электроемкость продукции*. В тех случаях, когда на предприятии проведены значительные технические усовершенствования, не сразу освоенные, вначале возможен резкий рост электроемкости с последующим ее снижением. Однако эти колебания должны происходить около некоторой возрастающей кривой.

*Теплоемкость продукции*. Для данного показателя характерна тенденция роста во времени. Снижение свидетельствует о необходимости проведения тщательного энергетического и экономического анализа.

*Коэффициент электрификации.* Электрификация народного хозяйства неразрывно связана с техническим прогрессом, поэтому коэффициент электрификации должен постоянно расти. Снижение коэффициента электрификации может происходить по тем же причинам, что и показателей электровооруженности труда. При систематическом снижении обоих показателей необходим тщательный анализ вызывающих их причин.

*Теплоэлектрический коэффициент* должен снижаться за счет роста КПД теплоиспользования (например, при замене пара горячей водой, улучшении режима моечных, сушильных и других установок, режима отопления и т.п.) и за счет рационального использования вторичных низкопотенциальных ресурсов (отходящего тепла печей, компрессоров, тепла технологических продуктов и т.п.). Однако, как правило, он не снижается до нуля.

Возможно одновременное увеличение теплоэлектрического коэффициента при устройстве приточной вентиляции там, где ее нет.

При систематическом росте теплоэлектрического коэффициента необходим анализ теплоснабжения и выявления причин роста, так как в большинстве случаев он будет связан с нерациональным использованием тепла.

*Электротопливный коэффициент* должен непрерывно возрастать за счет увеличения КПД высокотемпературных процессов и их электрификации. Возможна его стабилизация. В случае узкой специализации предприятия допускается снижение коэффициента за счет какого-либо топливоемкого производства (например литья). В остальных случаях снижение свидетельствует или об изменениях в технологическом процессе, или о нарушениях в энергохозяйстве предприятия.

## **7 УЧЕТ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

После проведения энергосберегающего мероприятия и внедрения его на предприятии необходимо вести учет затрат энергетических ресурсов. Он может осуществляться по системе директ-костинг (рис.7.1).

Указанная система учета затрат возникла в США в период Великой депрессии и получила широкое распространение в 50-х годах. До начала Великой депрессии (1928 г.) остатки готовой продукции оценивались по себестоимости, исчисленной затратами. Депрессия привела к созданию больших запасов нереализованной продукции, а оценка по полным затратам, по мнению аналитиков того времени, приводила к искусственному искажению прибыли. Еще в 1923 г. Дж. Кларк обосновал необходимость деления валовых издержек производства на постоянные и переменные. Постоянные затраты, которые не зависят от объема производства и размеров дохода, перераспределяясь между отчетными периодами, значительно влияли на величину расчетной прибыли. По мнению аналитиков, следовало рассчитывать отдачу понесенных затрат через связь объема производства с затратами и доходами. В этом аспекте было решено разделить совокупные затраты на переменные, которые отождествлялись с прямыми, и на постоянные, которые назывались бесполезными и отождествлялись с косвенными. В 1936 г. эта система получила название директ-костинг (direct costing) - система учета прямых затрат, которую еще называют «системой управления себестоимостью» или «системой управления предприятием».

С точки зрения планирования и контроля наиболее важным признаком для классификации затрат является то, как изменяется их динамика в зависимости от изменений в объеме производства или иных показателей деятельности. Понимание динамики затрат необходимо:

- для равновесного анализа и анализа зависимости «затраты - объем производства - прибыль»;
- оценки эффективности функционирования производственных подразделений;
- гибкого финансового планирования;
- принятия решений краткосрочного характера;
- принятия решений по установлению цен внутрифирменной

передачи.

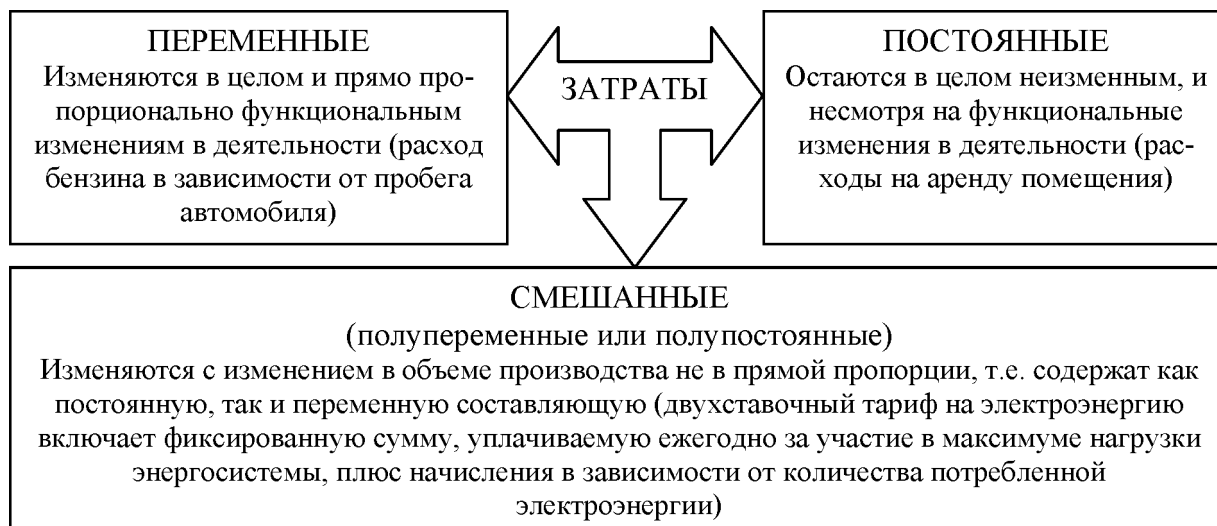


Рис. 7.1. Классификация затрат в системе директ-костинг

Практические исследования в области системы директ-костинг показывают, что деление затрат условно. Принятые на каждом предприятии допуски должны быть учтены при расчете результатов. Калькулирование себестоимости по системе директ-костинг предусматривает неизменную величину постоянных расходов при любом объеме производства, при этом основное внимание в управленческом учете уделяется постоянным расходам. Руководители предприятия и структурных подразделений усиливают контрольные функции управления этими затратами.

Ниже представлены некоторые важные зависимости. **Общие энергетические затраты на производство** определяются:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{ПОСТ}} + \mathcal{E}_{\text{ПЕР}}, \quad (7.1a)$$

или в расчете затрат на единицу продукции:

$$\mathcal{E} = (\mathcal{e}_{\text{пост}} + \mathcal{e}_{\text{пер}}) K, \quad (7.1б)$$

где  $\mathcal{E}$  - общие затраты энергии на производство;

$\mathcal{E}_{\text{ПОСТ}}$ ,  $\mathcal{E}_{\text{ПЕР}}$  - постоянные и переменные затраты энергии соответственно;

$K$  - объем производства (количество единиц изделий);

$\mathcal{E}_{\text{пост}}$  - постоянные затраты энергии в расчете на единицу продукции;

$\mathcal{E}_{\text{пер}}$  - переменные затраты энергии на единицу продукции.

**Степень реагирования энергетических затрат на изменение объема продукции** оценивается с помощью коэффициента реагирования затрат (рис. 7.2):

$$R = \Delta\mathcal{E}/\Delta K, \quad (7.2)$$

где  $R$  - коэффициент реагирования затрат на изменение объема производства;

$\Delta\mathcal{E}$  - изменение затрат энергии за период, в %;

$\Delta K$  - изменение объема производства, в %.

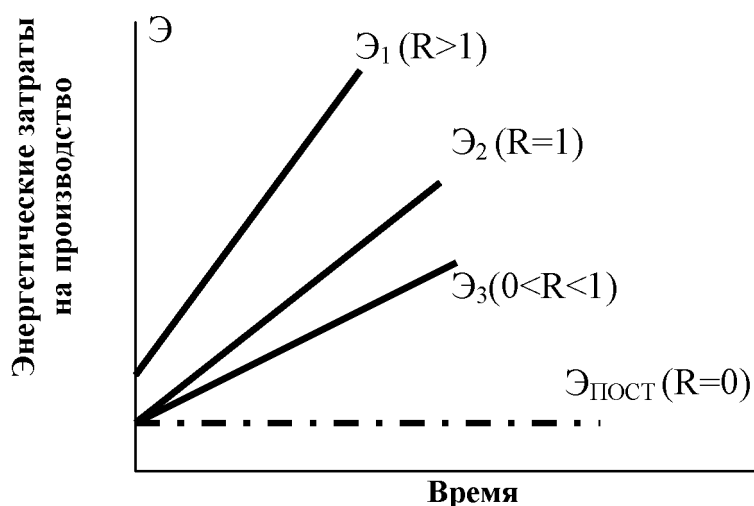


Рис. 7.2 Реагирование энергетических затрат на изменение объема продукции

Таблица 7.1

Значение коэффициента реагирования энергетических затрат	Характер поведения энергетических затрат
$R=0$	Постоянные энергетические затраты
$0 < R < 1$	Дигрессивные энергетические затраты (их изменение отстает от изменения объемов производства)
$R=1$	Пропорциональные энергетические затраты (их изменение пропорционально объему производства)
$R > 1$	Прогрессивные энергетические затраты (их рост опережает увеличение объема производства)

Чтобы обеспечить снижение себестоимости и повышение прибыльности работы предприятия, необходимо выполнить следующее условие: темпы снижения депрессивных затрат (в том числе и энергетических) должны превышать темпы роста прогрессивных и пропорциональных затрат.

Постоянные энергетические затраты можно представить как сумму полезных затрат и бесполезных, не используемых в производственном процессе:

$$Z_{\text{ПОСТ}} = Z_{\text{полезные}} + Z_{\text{бесполезные}}; \quad (7.3a)$$

$$Z_{\text{бесполезные}} = (N_{\text{max}} - N_{\text{эфф}}) Z_{\text{ПОСТ}}/N_{\text{max}}; \quad (7.3б)$$

$$Z_{\text{полезные}} = N_{\text{эфф}} Z_{\text{ПОСТ}}/N_{\text{max}}; \quad (7.3в)$$

где  $N_{\text{эфф}}$ ,  $N_{\text{max}}$  - фактический и максимально возможный объем производимой продукции соответственно.

Разделение энергетических затрат на постоянные и переменные, а постоянных - на полезные и бесполезные является первой особенностью системы директ-костинг. Ценность такого разделения - в упрощении учета и повышении оперативности получения данных о прибыли.

Второй особенностью системы директ-костинг является соединение производственного и финансового учета.

По системе директ-костинг учет и отчетность на предприятиях организованы таким образом, что появляется возможность регулярного контроля данных по схеме «энергетические затраты - объем - прибыль».

При традиционном анализе прибыли обычно используют модель:

$$П = К(Ц-С), \quad (7.4)$$

где П - сумма прибыли,

К - количество реализованной продукции,

Ц - цена реализации,

С - себестоимость единицы продукции.

Предполагается, что эти факторы изменяются независимо друг от друга: прибыль изменяется прямо пропорционально объему реализа-

ции, если реализуется рентабельная продукция. Но если продукция убыточна, то прибыль изменяется обратно пропорционально объему продаж.

Здесь не учитывается взаимосвязь объема производства (реализации) продукции и ее себестоимости.

При увеличении объема производства (реализации) себестоимость единицы продукции снижается, т.к. при этом обычно возрастает только сумма переменных затрат (сдельная зарплата персонала, сырье, материалы, электроэнергия и т.п.), а сумма постоянных затрат (амортизация, аренда помещений, повременная оплата персонала и др.) остается, как правило, без изменений. И наоборот: при спаде производства себестоимость изделий возрастает из-за того, что больше постоянных затрат приходится на единицу продукции.

В рыночной экономике для обеспечения системного подхода при изучении факторов изменения прибыли и прогнозирования ее величины используют маржинальный анализ, в основе которого лежит маржинальный доход (рис.7.3).

Если переменные затраты подразделить на производственные и непроизводственные, то появляется возможность строить многоступенчатые отчеты, что важно для детализации анализа.



Рис. 7.3. Маржинальный доход

На первом этапе устанавливается связь объема производства готовой продукции с прямыми (переменными) затратами, отражается рентабельность производства отдельных видов продукции. На втором этапе обобщенные косвенные (постоянные) расходы сопоставляются с вкладом, полученным от реализации каждого вида продукции. Результат отражает рентабельность всего производства и реализации. Таким образом, эта система ориентирована на реализацию. Чем больше объ-



ем реализации, тем больше прибыли получает предприятие. Оценивают готовую продукцию и незавершенное производство только по переменным (прямым) затратам. Такая система оценки побуждает предприятия изыскивать возможности увеличения реализации.

Калькуляция себестоимости продукции по переменным издержкам обеспечивает контроль над постоянными издержками, за вложениями в получение прибыли каждого выпускаемого вида продукта, за соблюдением ассортимента выпуска продукции. Такие калькуляции выявляют неконтролируемые центры ответственности издержки, различия между прибыльными и неприбыльными операциями, поведение издержек относительно нормативов.

Еще одной особенностью системы директ-костинг является разработка методики экономико-математического и графического представления и анализа отчетов для прогноза чистых доходов.

Аналитические возможности системы директ-костинг раскрываются наиболее полно при исследовании связи энергетических затрат с объемом реализации продукции и прибылью (рис. 7.4).

Объем реализации продукции или выручка (ВР) связан с затратами (З) и прибылью от реализации (П) следующим соотношением:

$$ВР = З + П. \tag{7.5}$$

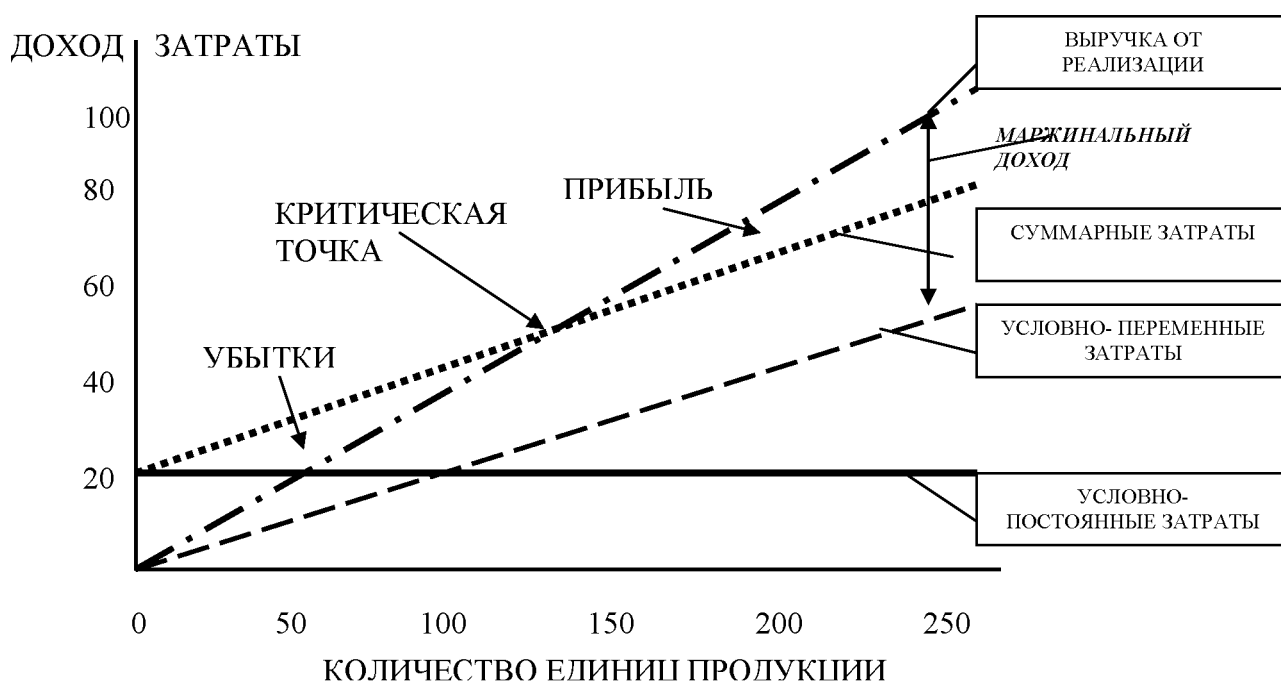


Рис. 7.4. График взаимосвязи показателей объема продукции, затрат и прибыли

Если предприятие работает прибыльно, то значение  $\Pi > 0$ , если убыточно, тогда  $\Pi < 0$ . Если  $\Pi = 0$ , то нет ни прибыли, ни убытка и выручка от реализации равна энергетическим затратам. Точка перехода из одного состояния в другое (при  $\Pi = 0$ ) называется критической точкой. Она примечательна тем, что позволяет получить оценки объема производства, цены изделия, выручки, уровня постоянных расходов и других показателей, исходя из требований общего финансового состояния предприятия.

**Основным принципом контроля является зависимость: материал – живой труд – накладные расходы**

Объем реализации	1500
Переменные производственные затраты	900
Производственный маржинальный доход	600
Переменные непроизводственные затраты	100
Маржинальный доход	500
Постоянные расходы	300
Прибыль (чистый доход)	200

Для критической точки энергопотребления имеем  $ВР = 3$  или  $ВР = 3_{\text{пост}} + 3_{\text{пер}}$ . Если выручку представить как произведение цены продаж единицы изделия ( $\Pi$ ) и количества проданных единиц ( $К$ ), а затраты пересчитать на единицу изделия, то получим

$$\Pi \cdot K = 3_{\text{пост}} + 3_{\text{пер}} \cdot K, \quad (7.6)$$

где  $3_{\text{пост}}$  - постоянные расходы на весь объем производства продукции;  $3_{\text{пер}}$  - переменные расходы в расчете на единицу изделия.

Это уравнение является основным для получения необходимых оценок:

### 1. Расчет критического объема производства

$$K = 3_{\text{пост}} / \Pi - 3_{\text{пер}} = 3_{\text{пост}} / \text{мд}, \quad (7.7)$$

где  $K$  - критический объем производства продукции (количество единиц изделий); мд - маржинальный доход на единицу изделия, руб.

### 2. Расчет критического объема выручки (реализации)

$$ВР = 3_{\text{пост}} / (1 - 3_{\text{пер}}/\Pi) = 3_{\text{пост}}/\text{мд}:\Pi. \quad (7.8)$$

### 3. Расчет критического уровня постоянных затрат

$$З_{\text{пост}} = ВР - З_{\text{пер}} = К \cdot Ц - З_{\text{пер}} \cdot К = К (Ц - З_{\text{пер}}) = К \cdot \text{мд}. \quad (7.9)$$

Эта формула удобна тем, что позволяет определить величину постоянных расходов, если задан уровень маржинального дохода в % к цене изделия, или в % к объему реализации(выручке):

$$З_{\text{пост}} = К \cdot \text{мд в \% к ВР} / 100. \quad (7.10)$$

### 4. Расчет критической цены реализации

$$Ц = З_{\text{пост}} / К + З_{\text{пер}}. \quad (7.11)$$

### 5. Расчет планового объема для заданной суммы плановой (ожидаемой) прибыли

$$К_{\text{пл}} = (З_{\text{пост}} + П_{\text{пл}}) / (Ц - З_{\text{пер}}), \quad (7.12)$$

где  $K_{\text{пл}}$  - объем продаж, обеспечивающий получение плановой суммы прибыли,  $P_{\text{пл}}$  - плановая сумма прибыли.

Аналогично данный метод можно использовать для оценки только энергетических затрат (выраженных в кВт·ч). Ниже представлен пример методики расчета. Для разделения затрат на постоянную и переменную составляющую применяют различные методы:

#### А) МИНИМАКСНЫЙ МЕТОД (исходные данные в табл. 7.2)

1-й этап. Выбрать максимальную и минимальную пару значений.

2-й этап. Определить переменный показатель, равный разности затрат (max - min), деленной на разность объемов производства (max - min).

3-й этап. Определить постоянную составляющую затрат как разницу между общими затратами на максимальный (минимальный) выпуск продукции и переменными затратами. Минимаксные значения, выбранные из месячных показателей, составили:

Максимум	23 шт.	1900 кВт·ч (майская пара).
Минимум	7шт.	650 кВт·ч (сентябрьская пара).
Разность	16шт.	1250 кВт·ч.

Переменный показатель - разность по энергетическим затратам делится на разность по объемам производства:  $1250 / 16 = 78,12$  кВт·ч/шт.

Общая величина переменных затрат на максимальный объем производства составит:  $78,12 \cdot 23 = 1796,8$  (тогда постоянные затраты составят  $1900 - 1796,8 = 103,2$  кВт·ч)

Общая формула соотношения затрат и объема производства:

$$Z_{\text{э}} = 103,2 + 78,2 \cdot \text{объем производства}$$

Таблица 7.2

Месяц	Объем производства, шт.	Затраты электроэнергии, кВт·ч
Январь	9	900
Февраль	19	1700
Март	11	1000
Апрель	14	1150
<i>Май</i>	23	2500
Июнь	12	950
Июль	12	900
Август	22	1800
<i>Сентябрь</i>	7	500
Октябрь	13	1000
Ноябрь	15	1200
Декабрь	17	1400
<b><i>Итого</i></b>	<b>174</b>	<b>14500</b>

Б) МЕТОД РЕГРЕССИВНОГО АНАЛИЗА (более точный, исходные данные в табл. 7.3).

#### Алгоритм расчета

1.  $X = \Sigma K / n = 174 : 12$  (месяцев) = 14,5.
2.  $Y = \Sigma \text{Э} / n = 14500 : 12 = 1208$  кВт·ч.
3.  $b = [n \cdot \Sigma(K \cdot \text{Э}) - \Sigma K \cdot \Sigma \text{Э}] : [n \Sigma K^2 - (\Sigma K)^2] = (12 \cdot 245100 - 174 \cdot 15000) : (12 \cdot 2792 - 30276) = 244200 : 3228 = 75,6$ .
4.  $a = Y - b \cdot X = 1208 - 75,6 \cdot 14,5 = 1208 - 1097 = 111$ .

5.  $Z_э = a + b \cdot K$ , где  $a$  - постоянные затраты,  $b$  - переменный показатель,

$$Z_э = 111 + 75,6 \cdot K.$$

К преимуществам выбора принципа калькулирования по переменным издержкам следует отнести его непосредственное влияние на установление цен на изделия, стимулирование производительности различных сегментов бизнеса.

Таблица 7.3

Месяц	Объем производства K, шт.	Затраты электроэнергии Э, кВт·ч	K·Э	K <sup>2</sup>
Январь	9	900	8100	81
Февраль	19	1700	32300	361
Март	11	1000	11000	121
Апрель	14	1150	16100	196
Май	23	2500	57500	529
Июнь	12	950	11400	144
Июль	12	900	10800	144
Август	22	1800	39600	484
Сентябрь	7	500	3500	49
Октябрь	13	1000	13000	169
Ноябрь	15	1200	18000	225
Декабрь	17	1400	23800	289
<b>Итого</b>	<b>174</b>	<b>15000</b>	<b>245100</b>	<b>2792</b>

Система директ-костинг развивается в соответствии с совершенствованием систем управления. Особенностью современной системы директ-костинг является использование стандартов (норм) не только по переменным издержкам, но и по постоянным, в частности, по переменной части постоянных накладных расходов. Стандартный директ-костинг есть средство достижения конечной цели предприятия — получение чистой прибыли.

Как известно, в теории отечественного учета и анализа существует классификация затрат на условно-постоянные и условно-переменные,

но широкого распространения на практике она не получила, так как еще не сложилась соответствующая экономическая ситуация. Это и является, на наш взгляд, главной причиной того, что углубленные исследования в данном направлении не ведутся.

## **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные методы оценки экономической эффективности энергосберегающих проектов, основные положения.
2. Приведите формулу, выражающую абсолютное значение энергетического коэффициента полезного действия.
3. Приведите примеры вторичных энергетических ресурсов.
4. От каких параметров зависит резерв экономии энергии?
5. В каких целях используется идеальный аналог технологического процесса?
6. Суть потенциала энергосбережения? Минимально возможное значение потенциала энергосбережения?
7. В чем заключается оценка экономии энергии на основе теории факторов производства?
8. Каково назначение основных энергоэкономических показателей?
9. Что такое электровооруженность труда?
10. Каковы пути повышения коэффициента электрификации?
11. Что такое теплоэлектрический коэффициент?
12. Каковы допустимые случаи роста показателя энергоемкости продукции?

## **Задачи**

1. Рассчитать срок окупаемости энергосберегающего мероприятия  $t$ , если стоимость приобретаемой установки для экономии электроэнергии составляет величину  $K$ , потребное годовое потребление электроэнергии  $\mathcal{E}$ , а стоимость 1кВт·ч уменьшится с  $C_1$  до  $C_2$ . При расчетах учесть капитальную составляющую, отнесенную к одному году, относительные расходы на эксплуатацию, включая оплату труда, ре-

монт и управление по дополнительным вложениям в энергосбережение, а также налоговые ставки на единицу стоимости потребляемой энергии. Исходные данные представлены в табл. 7.4. Для решения задачи рекомендуется использовать пример 1.

Таблица 7.4

Варианты	$\mathcal{E}_{эл}$ - годовое потребление электроэнергии, кВт•ч/год	$K$ - стоимость энергосберегающего мероприятия, млн.руб.	$C_{1,}$ руб.	$C_{2,}$ руб.	$\alpha_K$	$V_{ЭКС}$	$h$
1	6868000	8,5	1,5	0,90	0,05	0,07	0,1
2	6245000	7,4	1,5	0,95	0,04	0,05	0,09
3	5345000	7,6	1,5	0,82	0,06	0,06	0,06
4	4845000	7,8	1,5	1,05	0,05	0,08	0,07
5	3545000	8,0	1,5	1,11	0,07	0,07	0,10
6	6584000	8,2	1,5	0,75	0,04	0,08	0,08
7	4560050	8,4	1,5	0,84	0,05	0,09	0,06
8	5536100	8,6	1,5	0,94	0,05	0,07	0,05
9	6512150	8,8	1,5	1,15	0,04	0,06	0,06
10	6213000	9,0	1,5	0,88	0,06	0,05	0,07
11	5913850	9,2	1,5	0,76	0,05	0,07	0,09
12	5614700	9,4	1,5	0,93	0,07	0,08	0,08
13	5315550	9,3	1,5	1,07	0,04	0,06	0,05
14	5016400	9,2	1,5	0,79	0,05	0,05	0,07
15	4717250	9,1	1,5	0,83	0,05	0,08	0,08
16	4418100	9,0	1,5	0,87	0,04	0,05	0,06
17	4614950	8,9	1,5	0,88	0,05	0,06	0,05
18	4811800	8,8	1,5	0,96	0,05	0,08	0,10
19	5008650	8,7	1,5	0,89	0,07	0,07	0,09
20	5205500	8,6	1,5	0,77	0,05	0,06	0,09
21	5402350	8,5	1,5	0,97	0,07	0,07	0,09
22	5599200	8,4	1,5	1,06	0,08	0,06	0,10
23	5796050	8,3	1,5	1,13	0,08	0,09	0,08
24	5992900	8,2	1,5	1,17	0,07	0,05	0,07
25	6189750	8,1	1,5	0,89	0,07	0,06	0,09

2. Оценить рентабельность двух альтернативных энергосберегающих мероприятий, связанных с обеспечением тепловой энергии на предприятии за счет автономной энергетической системы. Объем вырабатываемой тепловой энергии за год  $V$ . Капитальные вложения для

первого варианта решения энергосберегающих проблем  $K_1$ , для второго варианта  $K_2$ . При этом, с учетом всех затрат, стоимость тепловой энергии, вырабатываемой первой автономной тепловырабатывающей установкой, составит величину  $Ц_1$ , а стоимость тепловырабатывающей установки составит величину  $Ц_2$ . Исходные данные представлены в табл. 7.5. Для решения задачи рекомендуется использовать пример 2.

Таблица 7.5

Варианты	$V$ - годовое потребление тепловой энергии, Гкал /год	$K_1$ - стоимость 1 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн.руб.	$K_2$ - стоимость 2 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн.руб.	$Ц_1$ , руб.	$Ц_2$ , руб.
1	38000	9,5	8,5	0,90	0,95
2	44500	10,4	9,7	0,95	1,04
3	53000	11,3	12,5	0,82	0,76
4	48000	12,2	11,3	1,05	1,12
5	55000	13,1	14,3	1,03	0,97
6	64000	14	13,6	0,75	0,82
7	75050	14,9	13,5	0,84	0,88
8	86100	15,8	16,5	0,94	0,85
9	52150	16,7	18,5	1,15	1,26
10	73000	17,6	18,1	0,88	0,96
11	59850	18,5	19,7	0,96	0,75
12	56700	19,4	20,3	0,93	0,87
13	101550	20,3	20,9	1,07	1,02
14	850400	22,2	21,5	0,79	0,85
15	47250	24,1	22,1	0,83	0,95
16	44100	25,2	26,7	0,87	0,74
17	46950	27,9	31,3	0,88	0,72
18	48800	29,8	28,9	0,96	1,02
19	58650	31,7	32,5	0,89	0,81
20	205500	33,6	33,1	0,77	0,85
21	49350	35,5	33,7	0,97	1,07
22	99200	37,4	38,3	1,06	0,98
23	96050	39,3	40,9	1,13	1,02
24	92900	41,2	40,8	1,04	1,15
25	89750	43,6	44,1	0,89	0,74



3. Оценить годовой экономический эффект от перевода котельной со сжигания газа на резервное топливо (мазут) и определить, эффективен ли данный перевод. Капитальные вложения для газовой котельной составляют величину  $K_2$ , а для котельной, работающей на мазуте,  $K_M$ . Нормативный срок окупаемости для энергетических объектов в случае применения новой техники  $T_{норм} = 6,7$  год. Годовые эксплуатационные затраты для газовой котельной составляют величину  $I_2$ , а для котельной работающей на мазуте,  $I_M$ . Исходные данные представлены в табл. 7.6. Для решения задачи рекомендуется использовать пример 3.

Таблица 7.6

Варианты	$K_1$ - стоимость 1 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн. руб.	$K_2$ - стоимость 2 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн. руб.	$I_2$ - годовые эксплуатационные затраты для газовой котельной, тыс. руб.	$I_M$ - годовые эксплуатационные затраты для котельной, работающей на мазуте, тыс. руб.
1	4,75	4,25	0,45	0,55
2	5,20	4,85	0,57	0,64
3	5,65	6,25	0,85	0,73
4	6,10	5,65	0,73	0,82
5	6,55	7,15	1,03	0,91
6	7,00	6,80	0,96	1
7	7,45	6,75	0,95	1,09
8	7,90	8,25	1,25	1,18
9	8,35	9,25	1,45	1,27
10	8,80	9,05	1,41	1,36
11	9,25	9,85	1,57	1,45
12	9,70	10,15	1,63	1,54
13	10,15	10,45	1,69	1,63
14	11,10	10,75	1,75	1,82
15	12,05	11,05	1,81	2,01
16	12,60	13,35	2,27	2,12
17	13,95	15,65	2,73	2,39
18	14,90	14,45	2,49	2,58
19	15,85	16,25	2,85	2,77
20	16,80	16,55	2,91	2,96
21	17,75	16,85	2,97	3,15
22	18,70	19,15	3,43	3,34

Окончание табл. 7.6

Варианты	$K_1$ - стоимость 1 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн. руб.	$K_2$ - стоимость 2 <sup>го</sup> энергосберегающего мероприятия, млн. руб.	$I_2$ , - годовые эксплуатационные затраты для газовой котельной, тыс. руб.	$I_m$ - годовые эксплуатационные затраты для котельной работающей на мазуте, тыс. руб.
23	19,65	20,45	3,69	3,53
24	20,60	20,40	3,68	3,72
25	21,80	22,05	4,01	3,96

4. Рассчитать и проанализировать энергоэкономические показатели производственного предприятия. Результаты расчета занести в табл. 7.7. Исходные данные представлены в табл. 7.8.

Таблица 7.7

Показатели	Обозначения	Результаты расчета
Полное энергопотребление предприятия (т.у.т.)	А	
Производительность труда (тыс. руб./ чел.)	Пм	
Энерговооруженность труда (т.у.т./ чел.)	Ам	
Электровооруженность труда по энергии (кВт·ч/ чел.)	Ээ	
Электровооруженность труда по мощности (кВт/ чел.)	Эм	
Энергоемкость основных производственных фондов (т.у.т./ тыс. руб.)	Аф	
Электроемкость основных производственных фондов (кВт·ч/ тыс. руб.)	Эф	
Энергоемкость продукции (т.у.т./ тыс. руб.)	Ап	
Электроемкость продукции (кВт·ч/ тыс. руб.)	Эп	
Теплоемкость продукции (Гкал/ тыс. руб.)	Qп	
Коэффициент электрификации (%)	Эа	
Теплоэлектрический коэффициент (Гкал/ кВт·ч)	Qэ	
Электротопливный коэффициент (кВт·ч/ т.у.т.)	Эв	

Таблица 7.8

Показатели	Обозначения	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Объем товарной продукции (тыс. руб.)	П	85086	78086	71086	64086	75080	86981	98882	110783	122684	134585
Численность промышленно- производственного персонала (чел.)	М	950	635	820	700	580	660	740	820	900	920
Стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.)	Ф	586324	750044	613764	677484	641204	704924	868644	932364	996084	1059804
Полное электропотребление (МВт·ч)	Э	4565	5600	6635	7670	8705	9740	9775	8810	7845	7880
Полное теплотребление в паре и горячей воде (Гкал)	Q	20065	15865	18665	27465	26765	29265	31765	34265	36765	39265
Потребление топлива на технологию (т.у.т.)	В	150	230	210	190	170	150	165	180	215	210
Установленная мощность (кВт)	Рн	1500	2500	1600	2000	3500	1800	1600	3200	2200	2300
Показатели	Обозначения	Варианты									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Объем товарной продукции (тыс. руб.)	П	58086	65481	77255	55621	67444	98756	88775	47836	56874	104566
Численность промышленно- производственного персонала (чел.)	М	450	635	820	1005	790	820	850	880	815	926
Стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.)	Ф	724560	560549	636567	712585	788603	764921	621245	577569	633893	859804
Полное электропотребление (МВт·ч)	Э	4565	4950	5335	5720	6105	4490	4075	3660	4845	6030
Полное теплотребление в паре и горячей воде (Гкал)	Q	18261	19833	21405	22977	24549	26121	21364	16607	26743	28262
Потребление топлива на технологию (т.у.т.)	В	167	216	265	214	145	172	185	198	211	224
Установленная мощность (кВт)	Рн	1850	2300	2750	2550	2350	2150	1980	2200	2420	2640
Показатели	Обозначения	Варианты									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Объем товарной продукции (тыс. руб.)	П	48625	62349	76073	69797	63521	52100	45600	82456	96200	65123
Численность промышленно- производственного персонала (чел.)	М	570	624	678	732	690	535	726	648	800	769
Стоимость основных производственных фондов (тыс. руб.)	Ф	544845	760549	667667	574785	681903	563540	754120	642000	850269	456789
Полное электропотребление (МВт·ч)	Э	4892	5856	6220	6584	6948	6456	5200	7800	8245	6894
Полное теплотребление в паре и горячей воде (Гкал)	Q	25268	28833	32398	33963	35528	21263	24561	28970	19204	29456
Потребление топлива на технологию (т.у.т.)	В	158	236	219	202	185	162	189	222	231	200
Установленная мощность (кВт)	Рн	2000	2100	2700	3300	3900	2200	2800	2400	3000	2700

5. Рассчитать постоянные и переменные энергетические затраты производственного предприятия, а также определить формулу соотношения энергетических затрат и объема производства с помощью минимаксного метода и метода регрессивного анализа. Исходные данные представлены в табл. 7.9.

Таблица 7.9

Месяц	ВАРИАНТЫ																			
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч
Январь	6	500	4	1150	10	1650	7	3795	33	3295	22	7579	56	10873,5	37	25009	18	2800	34	4450
Февраль	13	900	9	2070	22	2970	14	6831	72	5931	48	13641	120	19572,3	80	45016	39	5040	74	8010
Март	14	950	9	2185	23	3135	16	7211	78	6261	52	14399	130	20659,65	86	47517	42	5320	79	8455
Апрель	10	700	7	1610	17	2310	11	5313	56	4613	37	10610	93	15222,9	62	35013	30	3920	57	6230
Май	12	850	8	1955	20	2805	13	6452	67	5602	44	12883	111	18484,95	74	42515	36	4760	68	7565
Июнь	9	650	6	1495	15	2145	10	4934	50	4284	33	9852	83	14135,55	56	32512	27	3640	51	5785
Июль	18	1500	12	3450	30	4950	20	11385	100	9885	67	22736	167	32620,5	111	75027	54	8400	102	13350
Август	21	1650	14	3795	35	5445	23	12524	117	10874	78	25009	194	35882,55	130	82530	63	9240	119	14685
Сентябрь	15	1350	10	3105	25	4455	17	10247	83	8897	56	20462	139	29358,45	93	67524	45	7560	85	12015
Октябрь	8	600	5	1380	13	1980	9	4554	44	3954	30	9094	74	13048,2	49	30011	24	3360	45	5340
Ноябрь	14	950	9	2185	23	3135	16	7211	78	6261	52	14399	130	20659,65	86	47517	42	5320	79	8455
Декабрь	17	1450	11	3335	28	4785	19	11006	94	9556	63	21978	157	31533,15	105	72526	51	8120	96	12905
Месяц	ВАРИАНТЫ																			
	11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч
Январь	30	9240	107	10385	100	18452	50	1302	74	2338	30	9240	107	10385	100	18452	50	1302	74	2338
Февраль	65	16632	231	18693	217	33214	108	2343	160	4208	65	16632	231	18693	217	33214	108	2343	160	4208
Март	70	17556	249	19732	233	35059	117	2473	173	4442	70	17556	249	19732	233	35059	117	2473	173	4442
Апрель	50	12936	178	14539	167	25833	83	1822	123	3273	50	12936	178	14539	167	25833	83	1822	123	3273
Май	60	15708	213	17655	200	31368	100	2213	148	3974	60	15708	213	17655	200	31368	100	2213	148	3974
Июнь	45	12012	160	13501	150	23988	75	1692	111	3039	45	12012	160	13501	150	23988	75	1692	111	3039
Июль	90	27720	320	31155	300	55356	150	3905	222	7013	90	27720	320	31155	300	55356	150	3905	222	7013
Август	105	30492	373	34271	350	60892	175	4295	259	7715	105	30492	373	34271	350	60892	175	4295	259	7715
Сентябрь	75	24948	267	28040	250	49820	125	3514	185	6312	75	24948	267	28040	250	49820	125	3514	185	6312
Октябрь	40	11088	142	12462	133	22142	67	1562	99	2805	40	11088	142	12462	133	22142	67	1562	99	2805
Ноябрь	70	17556	249	19732	233	35059	117	2473	173	4442	70	17556	249	19732	233	35059	117	2473	173	4442
Декабрь	85	26796	302	30117	283	53511	142	3774	210	6780	85	26796	302	30117	283	53511	142	3774	210	6780

Месяц	ВАРИАНТЫ																			
	21		22		23		24		25		26		27		28		29		30	
	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч	К, шт.	Э, кВт·ч
<i>Январь</i>	19	1322	12	1083	6	868	9	932	8	759	3	667	5	656	4	546	2	497	3	464
<i>Февраль</i>	40	2379	25	1950	14	1562	20	1677	17	1366	7	1200	10	1180	8	983	3	895	7	836
<i>Март</i>	43	2512	27	2058	15	1649	22	1770	18	1441	7	1267	11	1246	9	1037	4	945	7	882
<i>Апрель</i>	31	1851	19	1517	10	1215	15	1304	13	1062	5	934	8	918	6	764	3	696	5	650
<i>Май</i>	37	2247	23	1842	13	1475	19	1584	15	1290	6	1134	9	1114	8	928	3	845	6	789
<i>Июнь</i>	28	1718	17	1408	9	1128	14	1211	12	986	5	867	7	852	6	710	2	647	5	604
<i>Июль</i>	56	3966	35	3250	19	2604	28	2795	23	2276	9	2001	14	1967	12	1638	5	1492	9	1393
<i>Август</i>	65	4362	40	3575	22	2864	32	3075	27	2504	11	2201	16	2163	13	1802	5	1641	11	1532
<i>Сентябрь</i>	46	3569	29	2925	16	2343	23	2516	19	2048	8	1801	12	1770	10	1474	4	1343	8	1254
<i>Октябрь</i>	25	1586	15	1300	8	1041	12	1118	10	910	4	800	6	787	5	655	2	597	4	557
<i>Ноябрь</i>	43	2512	27	2058	15	1649	22	1770	18	1441	7	1267	11	1246	9	1037	4	945	7	882
<i>Декабрь</i>	52	3833	33	3142	18	2517	26	2702	22	2200	9	1934	13	1901	11	1584	4	1442	9	1346

## **Заключение**

Представленный в пособии методический материал позволяет связать конечную цель (реализацию энергосберегающих мероприятий) с экономикой.

В содержательном смысле теория и практика (решение задач) вопросов, рассмотренных в пособии, являются иллюстрацией законов сохранения энергоэкономических свойств объектов, производящих и потребляющих различные виды энергии. Все это дает пользователю навыки для постановки и решения практических задач в энергосбережении.

## Список литературы

1. Абрамов, Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды / Н.Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1972. - 286 с.
2. Делягин, Г.Н. Теплогенерирующие установки: учебник для вузов/ Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермьяков. - М.: Стройиздат, 1986. - 559 с.
3. Шмырев, Е.М. Некоторые аспекты энергосбережения в системах централизованного теплоснабжения/ Е.М. Шмырев, Л.Д. Сатанов // Энергетик.- 1998. - №9. С. 65-74.
4. Пеклов, А.А. Принципиальная схема теплового насоса/ А.А Пеклов.  
[http://www.holodilshchik.ru/index\\_holodilshchik\\_issue\\_9\\_2005\\_Heat\\_pump.htm](http://www.holodilshchik.ru/index_holodilshchik_issue_9_2005_Heat_pump.htm)
5. Авдюнин, Е.Г. Комплексное использование вторичных энергетических ресурсов технологического оборудования / Е.Г. Авдюнин, Е.С. Нестерчук.  
<http://www.ephf.ispu.ru/iff/publ/konf1/stat19.htm>
6. Голубкова, Б.Н. Теплоснабжение промышленных предприятий/ Б.Н. Голубкова, А.В. Овсянников, Л.Н. Степанян // Теплофикация СССР: сб. ст. - М.: Энергия, 1977. - С. 56-72.
7. Управление энергозатратами предприятия. - М.: Научно-производственное объединение «Радикал», 2005.

Учебное издание

*Довгялло Александр Иванович  
Угланов Дмитрий Александрович*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие

Редактор Т.К. Кренинина  
Доверстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 29.09.2008. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,5  
Тираж 50 экз. Заказ                      Арт. С – 16/2008.

Самарский государственный аэрокосмический университет.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.