

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

# **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ**

**Методические указания для студентов специальности  
1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии  
и энергетический менеджмент»**

Минск 2005

УДК 620.9(075.8)

ББК 3-06-420я73

М 69

Рассмотрены и рекомендованы к изданию редакционно-издательским советом университета

Составитель *Г. Г. Тришин*

Рецензент

заведующий кафедрой энергосбережения, гидравлики и теплотехники  
доктор технических наук *В. И. Володин*

По тематическому плану изданий учебно-методической литературы университета на 2005 г. Поз. 80.

Для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент».

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет», 2005

## **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях перехода к рыночным отношениям возрастают требования к уровню экономической подготовки специалистов в области управления предприятиями и их структурными подразделениями для повышения эффективности производственно-хозяйственной деятельности. Инженеры – энергоменеджеры по специальности «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» – должны организовывать управление энергообъектами и энергоресурсами в процессе производства энергии, ее преобразования, передачи, распределения и конечного потребления, обеспечивая при этом экономное и рациональное использование энергии от всех источников ее получения (включая возобновляемые и нетрадиционные) и соблюдение требований охраны окружающей среды.

Инженер должен не только обладать теоретическими знаниями и практическими навыками в области энергетики, но и хорошо разбираться в вопросах производственных технологий, управления и экономики. Уровень экономической подготовки будущего инженера – энергоменеджера – на завершающем этапе его обучения проявляется в процессе разработки и защиты дипломного проекта, в экономической части которого необходимо дать экономическое обоснование организационных, управленческих, технических и других решений, принимаемых в технологической его части.

Целью разработки данных указаний является изложение методических подходов и способов определения показателей экономической эффективности мероприятий, обеспечивающих рациональное использование в энергетике всех видов ресурсов (материальных, трудовых, финансовых и других) и оказание практической помощи студентам при подготовке экономического раздела дипломного проекта.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основой для разработки экономической части (раздела) дипломного проекта являются предложенные и технически обоснованные студентом в технологическом разделе мероприятия по повышению эффективности использования энергоресурсов на рассматриваемом предприятии или другом объекте хозяйствования. В результате реализации таких мероприятий должна достигаться экономия топливно-энергетических ресурсов в процессе их добычи, переработки, транспортировки, хранения, производства, использования и утилизации, а также обеспечиваться возможность замещения импортируемого топлива и энергии. Перечисленные и другие мероприятия, направленные на рациональное и экономное использование энергоресурсов, называют *энергоэффективными*. К их числу относятся: внедрение на действующих объектах нового оборудования и технологий, устройств, систем автоматизации, регулирования, контроля расхода и потребления энергии; использование местных видов топлива (дрова, торф, сланцы), возобновляемых и вторичных энергоресурсов (древесные отходы), избыточного энергопотенциала (давление пара и природного газа), нетрадиционных источников энергии (солнечной и ветровой); реконструкция, модернизация и строительство новых энергетических объектов с улучшенными техническими, эксплуатационными характеристиками и экономическими показателями, обеспечивающими уменьшение потребления энергии на единицу продукции, работ и услуг.

Подробно технические решения по энергосбережению и методические рекомендации по экономическому их обоснованию приведены в учебных пособиях «Энергосбережение» [1], «Энергосбережение и энергетический менеджмент» [2], в методическом пособии «Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий» [3] и в нормативном документе «Инструкция по определению эффективности средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий» [4].

В процессе реализации некоторых энергоэффективных мероприятий может быть получен дополнительный положительный эффект в производственной, экологической, социальной и других сферах деятельности предприятия, который также следует учесть при оценке экономической эффективности рассматриваемого

предприятия. В частности, снижение потребления привозного топлива уменьшит транспортные расходы по его доставке; замена печного топлива, мазута или дизельного топлива на газ или древесное топливо снизит выбросы вредных веществ в атмосферу и, соответственно, уменьшит плату предприятий за эти выбросы; использование экологически чистых видов энергии, например электрической, улучшит условия труда и повысит его производительность, а следовательно, обеспечит экономию фонда заработной платы.

К энергоэффективным мероприятиям относят также мероприятия организационного характера, разрабатываемые на основе принимаемых руководителями различного уровня оптимальных и эффективных управленческих решений. К ним следует отнести установление рационального режима работы предприятия и его подразделений, например, работу наиболее энергоемких производств в ночную смену при сниженных тарифах оплаты за потребление электроэнергии в ночные часы; оптимальную загрузку технологического оборудования с различной производительностью и удельным расходом энергии на единицу продукции при условии выпуска всего запланированного объема и всей плановой номенклатуры продукции при минимальном суммарном расходе электрической или тепловой энергии; замену электродвигателей с неэксплуатируемой мощностью на различном оборудовании электродвигателями с меньшим энергопотреблением и другие мероприятия.

Организационная, техническая и технологическая целесообразность практической реализации перечисленных и других энергоэффективных мероприятий должна быть подтверждена расчетами ряда экономических показателей, характеризующих экономическую эффективность.

В методических указаниях даны определения основных показателей экономической эффективности, приведены методы их расчета и указаны оптимальные значения этих показателей.

## **2. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

### **2.1. Алгоритм определения экономической эффективности**

Определение экономической эффективности энергосберегающих и других мероприятий в области энергетики проводят в следующем порядке:

- 1) характеризуют цель мероприятия и перечисляют технические и другие результаты от его реализации;
- 2) устанавливают возможный объем внедрения мероприятия;
- 3) приводят исходные данные для экономической оценки ожидаемых технических и других результатов от реализации рассматриваемого мероприятия;
- 4) рассчитывают показатели экономической эффективности в области энергетики и в смежных областях;
- 5) оценивают полученные значения показателей, исходя из критериев экономической эффективности, и дают ей общую оценку.

В качестве исходных данных для экономических расчетов используют данные бухгалтерского учета и статистической отчетности предприятия за отчетный год и планово-экономические материалы на планируемый год о тарифах на тепловую и электрическую энергию, ценах на топливо, стоимости транспортных услуг, величинах налоговых ставок и отчислений, платах за выбросы в атмосферу вредных веществ и о других установленных действующим законодательством нормативах, используемых в расчетах экономических показателей.

При необходимости выбора энергоэффективного мероприятия из нескольких сравнивают экономические показатели возможных вариантов и принимают для практической реализации наиболее эффективный для предприятия вариант.

### **2.2. Показатели экономической эффективности и их расчет**

#### **2.2.1. Характеристика показателей**

Для оценки экономической эффективности вышеперечисленных и других энергоэффективных мероприятий используют следующие показатели:

- экономический эффект (годовой и за период действия мероприятия) в стоимостном выражении;
- срок окупаемости средств на реализацию мероприятия в годах;
- чистый дисконтированный доход в стоимостном выражении;
- внутренняя норма доходности в долях единицы;
- индекс прибыльности в относительных единицах;
- экономические показатели энергоемкости производства.

Методика расчета названных показателей зависит от вида мероприятия и способа получения экономии денежных средств или дополнительного дохода, а также от состава и величины затрат на его реализацию и особенностей организации внедрения рассматриваемого мероприятия (в условиях существующего производства или путем его обновления, расширения и нового строительства за счет дополнительных капитальных вложений или инвестиций). С учетом этих факторов ниже рекомендуются подходы к определению показателей экономической эффективности.

## 2.2.2. Расчет экономического эффекта

### Порядок расчета

Экономический эффект ( $\mathcal{E}_э$ , тыс. руб.) определяется разностью между денежными доходами ( $D_d$ , тыс. руб.) и расходами ( $Z_d$ , тыс. руб.) от реализации конкретного мероприятия в течение года и расчетного периода (всего срока реализации мероприятия)

$$\mathcal{E}_э = D_d - Z_d. \quad (1)$$

При отсутствии затрат на реализацию предлагаемых мероприятий, например, в случаях приобретения тепловой и электрической энергии, топлива по более низкой цене или при внедрении прогрессивных норм расхода топливно-энергетических ресурсов, величина экономического эффекта равна экономии денежных средств ( $\mathcal{E}_д$ ) от реализации таких  $i$ -х мероприятий в расчетном периоде

$$\mathcal{E}_э = \sum_{i=1}^{i=n} \mathcal{E}_{д_i} = \mathcal{E}_д, \quad (2)$$

где  $n$  – количество мероприятий.

В дипломном проекте расчет экономического эффекта следует начать с определения его годовой величины – годового экономического эффекта ( $\mathcal{E}_T$ ) за счет реализации следующих мероприятий:

**Экономия топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).** Экономия от замены дорогого топлива, энергии, сырьевого ресурса более дешевым определяют по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{э.ц}} = (C_c - C_n) \cdot V_p, \quad (3)$$

где  $C_c$  и  $C_n$  – стоимость единицы рассматриваемого ресурса соответственно до и после реализации мероприятия;

$V_p$  – планируемый годовой объем приобретения ресурса по более низкой цене.

Экономия от снижения норм расхода тепловой и электрической энергии, топлива рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{э.н}} = (H_c - H_n) \cdot C_{\text{э}} \cdot V_n, \quad (4)$$

где  $H_c$  и  $H_n$  – нормы расхода рассматриваемой энергии или топлива на производство единицы продукции до и после их пересмотра;

$C_{\text{э}}$  – стоимость единицы энергии (топлива);

$V_n$  – годовой объем выпуска продукции со сниженной нормой расхода энергии (топлива).

Экономия от реализации мероприятий организационного характера, например, снижение расхода тепловой энергии для обогрева производственных, административных, подсобных и других помещений в нерабочее время, составит

$$\mathcal{E}_{\text{э.о}} = \Delta V_T \cdot C_T, \quad (5)$$

где  $\Delta V_T$  – количество сэкономленной тепловой энергии за год;

$C_T$  – стоимость единицы тепловой энергии.

Экономия электрической энергии может быть достигнута путем использования машин, механизмов, оборудования с электродвигателями меньшей мощности, чем у применяемых на производстве, для которого большие мощности не требуются.

При технической возможности и экономической целесообразности приведение электрических мощностей в соответствие с потребностями производства можно осуществить путем замены только электродвигателей.

Применение техники с электродвигателями меньшей мощности обеспечит годовую экономию затрат на электроэнергию  $Z_{эл}$ , тыс. руб., величину которой рассчитывают по формуле

$$Z_{эл} = \left[ \sum_{i=1}^{i=n} M_c \cdot K_{1c} \cdot K_{2c} \cdot T_{в.с} - \sum_{i=1}^{i=n} M_n \cdot K_{1н} \cdot K_{2н} \cdot T_{в.н} \right] \cdot Ц, \quad (6)$$

где  $M_c$  и  $M_n$  – установленные мощности  $i$ -й установки или  $i$ -го заменяемого электродвигателя соответственно до и после замены, кВт;

$n$  – количество заменяемых установок или электродвигателей, шт.;

$K_{1c}$  и  $K_{1н}$  – коэффициенты использования заменяемых установок или электродвигателей во времени (в относительных единицах);

$K_{2c}$  и  $K_{2н}$  – коэффициенты использования заменяемых установок или электродвигателей по мощности (в относительных единицах);

$T_{в.с}$  и  $T_{в.н}$  – время работы установок или электродвигателей соответственно до и после замены в течение года, ч;

$Ц$  – стоимость 1 кВт · ч электроэнергии, тыс. руб.

В тех случаях, когда для подготовки и внедрения энергоэкономных мероприятий требуются материальные, трудовые и финансовые ресурсы, но без привлечения капитальных вложений или инвестиций, например, перевод имеющихся котлов с мазута на сжигание природного газа или древесного топлива, применение энергоэкономичных осветительных приборов и других технических решений, годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_{р.г}$ , тыс. руб., определяют по формуле

$$\mathcal{E}_{р.г} = D_{р.г} - \frac{Z_p}{T_p}, \quad (7)$$

где  $D_{р.г}$  – годовой доход от реализации мероприятия, тыс. руб.;

$Z_p$  – затраты на реализацию мероприятия, тыс. руб.;

$T_p$  – расчетный период (в дипломном проекте может быть принят равным 5-ти годам), лет.

Доход от перевода котлов на сжигание газа или древесного топлива достигается за счет разности в стоимости мазута, природного газа и древесины. Годовую его величину рассчитывают по формуле (3). При установке энергоэкономичных осветительных приборов доход обеспечивается за счет снижения мощности ламп (при сохранении освещенности) и уменьшения потребления электрической энергии.

Затраты включают расходы на приобретение необходимых материалов, комплектующих, устройств, приборов, например, для рассмотренных выше мероприятий – покупку газовой аппаратуры (в первом случае) и осветительных приборов с использованием электронной пускорегулирующей аппаратуры (во втором случае). В затраты включают также стоимость монтажных и пусконаладочных работ и эксплуатационные расходы в период реализации мероприятия в общем размере 25–30% от стоимости новой аппаратуры, устройств или приборов.

Разность дохода и затрат должна иметь положительное значение и получаемая при этом величина экономического эффекта составлять не менее 10–20% от величины затрат (в зависимости от эффективности мероприятия – для более эффективных принимают большие значения процентов).

**Использование эффективного энергогенерирующего оборудования.** Экономическую оценку эффективности приобретения и использования нового или модернизированного энергогенерирующего оборудования начинают с расчета стоимости единицы производимой на нем электрической и тепловой энергии и ее сравнения с ценой энергии от централизованных и других источников энергии, применяемых на предприятии или рассматриваемых в дипломном проекте в качестве альтернативных вариантов энергообеспечения.

Стоимость единицы энергии  $C_n$ , тыс. руб., получаемой от установок, работающих на традиционных видах топлива (газ, мазут, бензин, дрова, торф и т. д.), вычисляют по следующей формуле:

$$C_n = \frac{1}{V} \cdot (S_T + S_M + \Phi O T_{\Gamma} + S_o + A_{o.\phi} + S_n + S_{tr} + S_{np}), \quad (8)$$

где  $V$  – годовой объем производства на установке энергии определенного вида, Гкал;

$S_T$  – стоимость исходного топлива для выработки энергии объемом  $V$ , тыс. руб.;

$S_M$  – годовые расходы на техническую воду, запасные части, ремонтные, смазочные, обтирочные и другие материалы, а также на спецодежду, тыс. руб.;

$\Phi OT_T$  – годовой фонд оплаты труда, включающий основную и дополнительную заработную плату всего персонала (рабочих, специалистов, руководителей), необходимого для эксплуатации, обслуживания и ремонта рассматриваемого энергетического оборудования, тыс. руб.;

$S_O$  – отчисления на социальное страхование, в фонд занятости и чрезвычайный налог, тыс. руб.;

$A_{o.f}$  – годовая величина амортизационных отчислений от первоначальной стоимости основных производственных фондов энергетического оборудования, сооружений и коммуникаций, зданий, необходимых для нормального функционирования этого оборудования, тыс. руб.;

$S_{и}$  – стоимость возмещения износа в течение года малоценных и быстроизнашивающихся инструментов, инвентаря и приспособлений, тыс. руб.;

$S_{тр}$  – расходы на охрану труда и технику безопасности, тыс. руб.;

$S_{пр}$  – прочие расходы, тыс. руб.

Для оборудования, использующего нетрадиционные источники энергии (энергию ветра, солнца, малых рек и водоемов) стоимость получаемой электрической или тепловой энергии определяют по формуле (8) без учета стоимости топлива  $S_T$ .

При расчете показателей затрат, определяющих стоимость производства энергии (формула (8)), необходимо учитывать конструктивные особенности энергетических установок, их технические возможности и показатели, вид используемого топлива, состав оборудования и технологические схемы систем когенерации (совместного производства тепловой и электрической энергии). В случае применения установок, вырабатывающих только один вид энергии (тепловую или электрическую), рекомендуется следующий мето-

дический подход и расчетные зависимости для определения искомым показателей:

– годовой объем производства тепловой энергии  $Q_T$ , Гкал, определяют по следующей формуле:

$$Q_T = P_T \cdot T_T \cdot q \cdot \text{КПД}_T \cdot 10^{-6}, \quad (9)$$

где  $P_T$  – часовой расход топлива (его величину принимают по техническому паспорту установки, справочным данным, информации работников отдела главного энергетика предприятия), кг ( $\text{м}^3$ )/ч;

$T_T$  – время работы в году теплотехнического оборудования (устанавливают исходя из режима его работы в течение года), ч;

$q$  – теплота сгорания используемого топлива (для различных видов топлива приведена в учебных пособиях [1, 2]), ккал/кг ( $\text{ккал}/\text{м}^3$ );

$\text{КПД}_T$  – коэффициент полезного действия теплотехнической установки (принимают на основе технической характеристики установки);

– годовой объем производства электрической энергии  $W_э$ , МВт · ч, вычисляют по следующей формуле:

$$W_э = M_э \cdot T_э \cdot \text{КПД}_M \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

где  $M_э$  – установленная мощность электрогенератора или суммарная ее величина при использовании нескольких электрогенераторов, кВт;

$T_э$  – время работы электрогенераторов в году (рассчитывают с учетом планируемого режима их использования), ч;

$\text{КПД}_M$  – коэффициент использования установленной мощности электротехнического оборудования (принимают по техническому паспорту или по данным отдела главного энергетика);

– стоимость исходного топлива  $S_{T,T}$ , тыс. руб., для производства годового объема тепловой энергии  $Q_T$  рассчитывают по зависимости

$$S_{T,T} = \frac{1}{q} \cdot (C_T \cdot K_{T,з} \cdot Q_T), \quad (11),$$

где  $C_T$  – отпускная цена единицы топлива, тыс. руб./ кг ( $\text{м}^3$ );

$K_{т.з}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы по доставке топлива (может быть принят равным 1,15);

– стоимость исходного топлива  $S_{т.э}$ , тыс. руб., для выработки годового объема электрической энергии  $W_э$  определяют по формуле

$$S_{т.э} = \frac{1}{q \cdot КПД_э} \cdot (Ц_т \cdot K_{т.з} \cdot K_{п} \cdot W_э), \quad (12)$$

где  $K_{п}$  – коэффициент перевода электрической энергии в тепловую (равен  $0,86 \cdot 10^3$  при выражении электрической энергии в кВт · ч, а тепловой – в ккал);

$КПД_э$  – коэффициент полезного использования топлива.

– расходы на техническую воду, потребляемую для парообразования, охлаждения и других целей, определяют с учетом годовой потребности в ней, используемого оборудования и тарифа на воду (данные о водопотреблении следует взять из технических характеристик оборудования, а величину тарифа за 1 м<sup>3</sup> воды – по данным предприятия);

– затраты на запасные части и ремонтные материалы составляют 3–5% от стоимости оборудования (меньшую величину процента принимают для нового оборудования, большую – для бывшего в эксплуатации);

– расходы на смазочные и обтирочные материалы можно принять в размере 15–20% от суммы затрат на запасные части и ремонтные материалы для энергетического оборудования;

– расходы на спецодежду рассчитывают исходя из численности работников, которым положена спецодежда, и с учетом данных предприятия о нормативном сроке пользования ею и стоимости одного комплекта (при нормативном сроке более года определяют долю затрат, приходящихся на один год);

– годовой фонд оплаты труда  $ФОТ_г$  определяют отдельно для рабочих, исходя из их квалификации, тарифных ставок и принятой на предприятии системы премирования и доплат, и для специалистов и руководителей – с учетом их численности, окладов, премий, надбавок и доплат.

Заработную плату рабочих  $ЗП_р$ , тыс. руб., (основную и дополнительную) рассчитывают по следующей формуле:

$$\text{ЗП}_p = \sum_{j=1}^{j=m} \text{Ч}_j \cdot \text{К}_T \cdot \text{К}_d \cdot \text{К}_n \cdot T_j \cdot N_j, \quad (13)$$

где  $m$  – количество разрядов рабочих;

$\text{Ч}_j$  – часовая тарифная ставка рабочего  $j$ -го разряда, тыс. руб./ч;

$\text{К}_T$  – коэффициент доплаты к тарифной ставке (может быть принят равным 1,3);

$\text{К}_d$  – коэффициент дополнительной заработной платы (принять равным 1,2);

$\text{К}_n$  – коэффициент, учитывающий другие надбавки и доплаты (для расчета принять равным 1,15);

$T_j$  – годовой фонд времени работы одного рабочего  $j$ -го разряда, ч;

$N_j$  – количество рабочих  $j$ -го разряда, чел.

Величину  $\text{Ч}_j$  определяют умножением часовой тарифной ставки рабочего 1-го разряда, величину которой следует принять равной действующей на предприятии, на межразрядный коэффициент, значения которого для различных разрядов рабочих приведены в приложении 1.

Годовой фонд заработной платы (основной и дополнительной) специалистов и руководителей определяют согласно штатному расписанию и с учетом принятой на предприятии системы премирования, надбавок и доплат для работников этих категорий.

Общая сумма годового фонда заработной платы рабочих и других работников, обслуживающих энергитическое оборудование, составляет годовой фонд оплаты труда  $\text{ФОТ}_r$ .

Отчисления на социальное страхование, в фонд занятости и чрезвычайный налог  $S_o$ , тыс. руб., вычисляют по следующей формуле:

$$S_o = \text{ФОТ}_r \cdot \text{К}_{o,n}, \quad (14)$$

где  $\text{К}_{o,n}$  – общий коэффициент отчислений и налогов, равный 0,4.

Годовую сумму амортизации  $A_{o,\phi}$ , тыс. руб. определяют на основе типовых норм амортизации, приведенных в приложении 2, по следующей формуле:

$$A_{o,\phi} = \frac{\sum \text{ПС}_i \cdot \text{Н}_i}{100}, \quad (15)$$

где  $ПС_i$  – первоначальная стоимость основных производственных фондов  $i$ -го вида, тыс. руб.;

$Н_i$  – годовая норма амортизации фондов  $i$ -го вида, %.

Величину годовых затрат на возмещение износа малоценных и быстроизнашивающихся инструментов и приспособлений  $З_{и}$ , тыс. руб., включая расходы по их ремонту и поддержанию в исправном состоянии, рассчитывают с учетом величины этих затрат в отчетном году: вычисляют их удельный вес  $a$ , %, по отношению к годовому фонду заработной платы рабочих и с использованием этого показателя находят величину искомых затрат по формуле

$$З_{и} = \frac{ЗП_{р} \cdot a}{100}. \quad (16)$$

При отсутствии отчетных данных предприятия величину этих затрат можно принять в размере 15% от годового фонда заработной платы рабочих.

Затраты на охрану труда и технику безопасности планируют в размере 15% от годового фонда заработной платы рабочих.

Прочие расходы предусматривают на случаи непредвиденных затрат, связанных с производством электрической и тепловой энергии. В дипломном проекте их величину можно принять в размере 1% от суммы расходов по предыдущим статьям.

Суммируя затраты по всем вышеперечисленным статьям, определяют общую стоимость  $С_о$ , тыс. руб., производства годового объема энергии соответствующего вида. После этого по формуле (8) рассчитывают стоимость производства единицы электрической и тепловой энергии и сравнивают ее со стоимостью энергии, получаемой предприятием со стороны или производимой на имеющемся энергетическом оборудовании.

В том случае, если стоимость производства единицы каждого вида энергии на новом или модернизированном  $С_{н}$ , тыс. руб., оборудовании окажется выше, чем в существующих условиях, использование такого технического решения экономически неэффективно и его следует исключить из дальнейшего рассмотрения и обоснования. При меньшей стоимости единицы энергии от пред-

лагаемого в дипломном проекте энергогенерирующего оборудования рассчитывают годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_{г1}$ , тыс. руб., по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{г1} = (C_c - C_n) \cdot V_n, \quad (17)$$

где  $C_c$  – тариф (при централизованной поставке) или цена (при получении энергии от других источников) единицы электрической или тепловой энергии, тыс. руб./ кВт · ч (тыс. руб./ Гкал);

$V_n$  – годовой объем произведенной на ней энергии, Гкал (кВт · ч).

**Применение систем когенерации энергии.** Экономическое обоснование применения систем когенерации, энергетическое оборудование которых позволяет совместно производить тепловую и электрическую энергию, выполняют в методической последовательности, аналогичной приведенной выше для установок, генерирующих один вид энергии, но с учетом особенностей систем когенерации.

В данных методических указаниях рассмотрены три типа базовых когенерационных систем:

- с двигателем внутреннего сгорания (ДВС);
- паротурбинной установкой (ПТУ);
- газотурбинной установкой (ГТУ).

Для оценки экономической целесообразности и эффективности их применения могут быть использованы следующие методические подходы и расчетные зависимости:

***1) расчет экономической эффективности при применении системы с ДВС***

Эта система характеризуется высоким коэффициентом выработки электрической энергии ( $>1$ ) и достаточно большим коэффициентом использования первичного топлива (85–90%) за счет применения теплоты выхлопных газов для получения пара с небольшим давлением.

Для определения экономических показателей этой системы рассчитывают годовые объемы производства электрической и тепловой энергии, необходимые для этого затраты (в стоимостном выражении) и стоимость единицы энергии каждого вида.

*Объемные показатели* определяют следующим образом:

– годовой объем производства электрической энергии  $W_э$ , МВт · ч, на электрогенерирующем оборудовании системы – по формуле (10);

– годовая потребность в топливе  $B$ , т, для работы ДВС рассчитывается по следующей формуле:

$$B = W_э \cdot \epsilon, \quad (18)$$

где  $\epsilon$  – расход топлива на производство единицы электрической энергии (принимают по технической характеристике оборудования), т/МВт · ч;

– количество тепловой энергии  $Q$ , Гкал, образующейся при работе ДВС в течение года, вычисляется по следующей формуле:

$$Q = B \cdot q_d, \quad (19)$$

где  $q_d$  – теплота сгорания топлива для ДВС, Гкал/т;

– годовой объем использования тепловой энергии  $Q_{т.г}$ , Гкал, выхлопных газов от ДВС – по формуле

$$Q_{т.г} = \frac{Q \cdot (\text{КПД}_с - \text{КПД}_э)}{100}, \quad (20)$$

где  $\text{КПД}_с$  – коэффициент полезного использования первичного топлива всей системой (принимают по техническому паспорту оборудования, а при отсутствии данных – равным 85%);

$\text{КПД}_э$  – коэффициент полезного действия электрогенерирующего оборудования системы (принимают по его технической характеристике; при отсутствии данных – равным 45%).

Годовые затраты на производство энергии определяют по формуле (8) отдельно для тепловой и электрической энергии, учитывая при этом расходы, имеющие непосредственное отношение к выработке энергии определенного вида и часть общих затрат (стоимость топлива, амортизационные отчисления на содержание общих зданий, сооружений и коммуникаций, заработная плата руководящего персонала и служащих энергетического хозяйства в целом).

Долю общих затрат вычисляют пропорционально объемам производства энергии, выраженным в одинаковых единицах измерения. Для этого используют коэффициент перевода  $K_n$  электрической

энергии в тепловую и наоборот. В первом случае его величина составляет  $0,86 \cdot 10^3$ , а во втором –  $1,16 \cdot 10^{-3}$  (при выражении электрической энергии в кВт · ч, а тепловой – в ккал).

В дипломном проекте следует определить тепловой эквивалент  $Q_{э.п}$ , Гкал, соответствующий объему электрической энергии  $W_э$ , МВт · ч, используя зависимость

$$Q_{э.п} = W_э \cdot 0,86, \quad (21)$$

а долю  $Y_э$ , %, приходящихся на электроэнергию общих затрат, вычислить по формуле

$$Y_э = \frac{Q_{э.п}}{Q_{э.п} + Q_т} \cdot 100. \quad (22)$$

Доля общих затрат  $Y_т$ , %, относимых на стоимость тепловой энергии, составит

$$Y_т = 100 - Y_э. \quad (23)$$

Раздельным суммированием всех затрат, относящихся к тепловой или электрической энергии, вычисляют стоимость годового объема выработки каждого вида энергии  $C_э$  и  $C_т$ , а ее делением на соответствующий годовой объем производства  $W_{э.г}$  или  $Q_{т.г}$  – стоимость единицы энергии, которую сравнивают со стоимостью ее получения в существующих условиях. При этом возможны следующие ситуации:

а) стоимость производства тепловой и электрической энергии на установке с ДВС выше или одинакова с приобретаемой или производимой на предприятии энергией. Следовательно, применение энергооборудования на базе ДВС экономически нецелесообразно;

б) стоимость производства на установке с ДВС одного вида энергии дешевле, а другого – дороже по сравнению с существующей на предприятии ситуацией. Следует рассчитать годовой экономический эффект  $\Delta_г$ , тыс. руб., от производства обеих видов энергии по следующей формуле:

$$\Delta_г = (Ц_{с.э} - C_{е.э}) \cdot W_{э.г} + (Ц_{с.т} - C_{е.т}) \cdot Q_{т.г}, \quad (24)$$

где  $C_{с.э}$  и  $C_{е.э}$  – стоимость единицы электрической энергии соответственно до и после использования нового оборудования (на базе ДВС), тыс. руб./МВт · ч;

$C_{с.т}$  и  $C_{е.т}$  – стоимость единицы тепловой энергии для тех же условий, тыс. руб./Гкал;

$W_{э.г}$  и  $Q_{т.г}$  – годовые объемы производства соответственно электрической и тепловой энергии на новой установке с ДВС, МВт · ч (Гкал).

При  $\Delta_r \leq 0$  рассматриваемое техническое решение энергообеспечения предприятия экономически неэффективно. При  $\Delta_r > 0$  необходимо дополнительно определить показатели экономической эффективности реализации такого варианта производства энергии;

Стоимость получаемой энергии одного и другого вида ниже цены их приобретения или стоимости производства в существующих условиях – необходимо рассчитать величину годового экономического эффекта и определить другие показатели экономической эффективности применения рассматриваемого оборудования. Методика расчета таких показателей, как доход, рентабельность производства, срок окупаемости затрат, приведена ниже.

## ***2) расчет экономической эффективности применения системы с ПТУ***

Когенерационные системы на базе ПТУ включают котел для генерирования пара высокого давления и противодавленческую турбину для привода электрогенератора и снижения давления пара. В данной системе основное количество (56%) первичного топлива расходуется на выработку пара и меньшая часть (36%) – на получение электрической энергии. Общий КПД использования энергии первичного топлива составляет 92%. При использовании экстракционных мини-ТЭЦ с турбинами, оснащенными устройствами для отбора пара и позволяющими изменять объемы производства каждого вида энергии в достаточно широких пределах (на тепловую энергию может расходоваться от 0 до 56% первичного топлива, на электрическую – от 36 до 45%), необходимо учесть сезонную потребность предприятия в паре и электроэнергии для ее учета при определении доли первичного топлива для производства каждого вида энергии в зависимости от сезона года.

Расчет экономической эффективности применения когенерационных систем на базе ПТУ начинают с определения стоимости единицы энергии и годового экономического эффекта. Для этого используют те же методические подходы, что и для системы на базе ДВС, но с учетом конструктивных и технологических особенностей рассматриваемой системы и связанных, в основном, с расчетом годовых объемов производства энергии и ее стоимости.

Для системы на базе ПТУ с противодавленческой турбиной объемные показатели производства и стоимости энергии определяют следующим образом:

а) годовой объем потребления исходного топлива  $B$ , т или тыс.  $\text{м}^3$ , рассчитывают по следующей формуле:

$$B = P_T \cdot T_K \cdot 10^{-3}, \quad (25)$$

где  $P_T$  – часовой расход топлива при работе парового котла при использовании жидкого топлива, кг/ч, и для газового –  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$T_K$  – время работы парового котла в течение года, ч;

б) годовой объем производства тепловой энергии  $Q$ , Гкал, равен

$$Q = B \cdot q \cdot \text{КПД}_K \cdot 10^{-8}, \quad (26)$$

где  $q$  – теплота сгорания используемого топлива, ккал/кг ( $\text{м}^3$ );

$\text{КПД}_K$  – коэффициент полезного использования топлива паровым котлом (равен 92%);

в) годовой объем производства электрической энергии  $W_{э.г}$ , МВт · ч, вычисляют по следующей формуле:

$$W_{э.г} = M_э \cdot T_M \cdot 10^{-3}, \quad (27)$$

где  $M_э$  – установленная мощность электрогенератора, кВт;

$T_M$  – время использования мощности в течение года (принимают равным времени работы парового котла  $T_K$ ), ч;

г) стоимость годового объема потребляемого топлива  $S_{т.г}$ , тыс. руб., находят по формуле

$$S_{т.г} = B \cdot Ц_T \cdot K_{т.з}, \quad (28)$$

где  $Ц_T$  – цена приобретения единицы топлива, тыс. руб./т ( $\text{м}^3$ );

$K_{т.з}$  – коэффициент учета транспортно-заготовительных расходов (может быть принят равным 1,15);

д) стоимость топлива для получения годового объема тепловой энергии на технологические нужды  $S_{т.т}$ , тыс. руб., составит

$$S_{т.т} = \frac{S_{т.г} \cdot 56}{100}; \quad (29)$$

е) стоимость топлива для получения годового объема электрической энергии  $S_{т.э}$ , тыс. руб., равна

$$S_{т.э} = \frac{S_{т.г} \cdot 36}{100}. \quad (30)$$

ж) величину остальных затрат и стоимость производства единицы тепловой и электрической энергии определяют с использованием формулы (8);

з) сравнивают расчетные значения стоимости единицы энергии, получаемой на рассматриваемом оборудовании, с существующими ценами и с использованием методического подхода, изложенного для установки с ДВС, оценивают экономическую целесообразность применения рассматриваемого оборудования для различных соотношений стоимостей и величин годового экономического эффекта  $\mathcal{E}_г$  ( $\mathcal{E}_г \leq 0$  и  $\mathcal{E}_г > 0$ ).

Для экстракционных мини-ТЭЦ используют аналогичный методический подход: расчет экономической эффективности их применения начинают с определения объемных показателей и стоимости единицы тепловой и электрической энергии с учетом неравномерности ее производства в течение года. В дипломном проекте рекомендуется рассмотреть сезонное (зимний, весенний, летний и осенний периоды) изменение объемов выработки энергии различного вида. Для этого могут быть использованы следующие расчетные формулы:

а) годовой объем потребления первоначального топлива  $V$ , т или тыс. м<sup>3</sup>, определяют по формуле (25);

б) годовой объем производства тепловой энергии  $Q_t$ , Гкал, вычисляют по зависимости (26), в которой величину КПД<sub>к</sub> принимают в пределах от 93 до 95%;

в) годовой объем производства электрической энергии  $W_{э.г}$ , МВт · ч; находят по следующей формуле:

$$W_{э.г} = W_3 + W_в + W_л + W_о = M_э \cdot \sum_{i=1}^4 t_{im} \cdot 10^{-3}, \quad (31)$$

где  $W_3$ ,  $W_в$ ,  $W_л$  и  $W_о$  – сезонные объемы производства электроэнергии, МВт · ч;

$t_{im}$  – время использования мощности электрогенератора в  $i$ -м сезоне (устанавливают на основе графика тепловых и электрических нагрузок в отчетном году энергетического оборудования предприятия), ч;

г) количество теплоты на выработку годового объема электроэнергии  $Q_{т.э}$ , Гкал, рассчитывают по формуле

$$Q_{т.э} = W_{э.г} \cdot K_{п} \cdot КПД_{г}, \quad (32)$$

где  $K_{п}$  – коэффициент перевода электрической энергии в тепловую, равный 0,86;

$КПД_{г}$  – коэффициент полезного действия электрогенератора (принимают в соответствии с его технической характеристикой);

д) количество тепловой энергии на технологические нужды  $Q_{т.т}$ , Гкал, находят по следующей формуле:

$$Q_{т.т} = Q - Q_{т.э}; \quad (33)$$

е) стоимость топлива для получения годового объема электрической энергии  $S_{т.э}$ , тыс. руб., определяют по формуле

$$S_{т.э} = \frac{S_{т.г} \cdot Q_{т.э}}{Q}, \quad (34)$$

где  $S_{т.г}$  – стоимость годового объема потребляемого топлива (вычисляют по формуле (28)), тыс. руб.;

ж) стоимость топлива для выработки годового объема тепловой энергии  $S_{т.т}$ , тыс. руб., составит

$$S_{т.т} = \frac{S_{т.г} \cdot Q_{т.г}}{Q}; \quad (35)$$

з) величину остальных затрат и стоимость производства единицы тепловой и электрической энергии определяют с использованием формулы (8);

и) оценку экономической целесообразности применения данного оборудования и расчета показателей экономической эффективности выполняют аналогично оборудованию на базе ДВС.

### **3) расчет экономической эффективности применения системы с ГТУ**

В когенерационной системе на базе ГТУ первичным источником энергии является газовое топливо, используемое для работы газотурбинной установки, с помощью которой получают электрическую энергию. Источником тепла для производства пара служат образующиеся при сжигании топлива газы. Данная система может быть комбинированной и включать еще паровую турбину для привода электрогенератора и получения дополнительного количества электроэнергии. Эти особенности рассматриваемой системы необходимо учитывать при экономическом обосновании ее применения.

Для расчета объемных показателей, стоимости единицы производимой энергии различного вида и для определения величины годового экономического эффекта от применения данной системы (без паровой турбины) следует использовать методику для системы на базе ДВС с учетом технических характеристик ГТУ (производительности, удельного расхода топлива, КПД системы в целом и отдельного оборудования).

Для комбинированной системы следует определить и включить в годовой объем дополнительное количество электроэнергии, которое может быть получено с использованием паровой турбины в течение года  $W_{г.э}$ .

Для этого необходимо выполнить следующие расчеты:

а) определить годовой объем тепловой энергии  $Q$ , Гкал, который может быть получен за счет тепла отходящих от газотурбинной установки газов, используя формулу

$$Q = B \cdot q \cdot (100 - \text{КПД}_{\text{ГТУ}}) \cdot \text{КПД}_к \cdot 10^{-7}, \quad (36)$$

где  $B$  – годовой объем потребления газообразного топлива, тыс. м<sup>3</sup>;  
 $q$  – теплота сгорания газа, ккал/м<sup>3</sup>;

КПД<sub>ГТУ</sub> – коэффициент полезного действия газотурбинной установки, %;

б) установить долю использования получаемой тепловой энергии на технологические цели  $d$  в % от общего ее количества (по данным предприятия о потребности в этом виде энергии или из расчета этой доли в размере 50–60%) и рассчитать ее годовой объем  $Q_{\text{тех}}$ , Гкал, по следующей формуле:

$$Q_{\text{тех}} = Q \cdot \frac{d}{100}; \quad (37)$$

в) вычислить годовой объем производства электрической энергии паротурбинной установкой,  $W_{\text{ПГ}}$ , МВт · ч, по формуле

$$W_{\text{ПГ}} = (Q - Q_{\text{тех}}) \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{КПД}_{\text{ПТУ}} \cdot 10^{-2}, \quad (38)$$

где  $K_{\text{п}}$  – коэффициент перевода тепловой энергии в электрическую (для приведенных выше единиц измерения энергии, Гкал и МВт · ч, величина этого коэффициента равна 1,16);

КПД<sub>ПТУ</sub> – коэффициент полезного действия паротурбинной установки, %;

г) рассчитать топливную составляющих затрат (в стоимостном выражении) на производство тепловой и электрической энергии пропорционально объемам их получения, выраженным в одинаковых единицах (Гкал), по следующим формулам:

– для тепловой энергии

$$S_{\text{тех}} = \frac{Q_{\text{тех}}}{Q} \cdot S_{\text{т.г}}, \quad (39)$$

где  $S_{\text{тех}}$  – годовые затраты на исходное топливо (газ), относимые на годовой объем производства тепловой энергии для технологических нужд, тыс. руб.;

$S_{\text{т.г}}$  – стоимость годового объема потребления газа, тыс. руб.;

– для электрической энергии

$$S_{т.э} = \frac{Q - Q_{тех}}{Q} \cdot S_{т.г}, \quad (40)$$

где  $S_{т.э}$  – годовые затраты на топливо, относимые на общее количество получаемой электрической энергии, тыс. руб.

д) определить для каждого вида энергии остальные затраты в соответствии с формулой (8); общие затраты распределить между тепловой и электрической энергией пропорционально годовым объемам их производства;

е) рассчитать стоимость единицы энергии каждого вида по формуле (8) и сравнить ее со стоимостью приобретения или производства энергии в существующих условиях; оценку результатов сравнения выполнить по методике, приведенной для системы на базе ДВС, для различных соотношений стоимостей и величин годового экономического эффекта  $\mathcal{E}_г$  ( $\mathcal{E}_г \leq 0$  и  $\mathcal{E}_г > 0$ ).

Выполненные расчеты применительно к различному энергетическому оборудованию в виде отдельных установок, их комплексов и систем позволяют произвести отбор вариантов или варианта для оценки экономической эффективности их использования на основе определения ряда экономических показателей и, прежде всего, простого срока окупаемости затрат.

### 2.2.3. Расчет простого срока окупаемости

Для оценки экономической эффективности капитальных вложений или инвестиций, кроме экономического эффекта, необходимо также рассчитывать срок их окупаемости. Для предварительной оценки энергосберегающего мероприятия сначала определяют простой срок окупаемости  $T_{п}$ , лет, условно принимая равномерное поступление доходов по годам от реализации мероприятия

$$T_{п} = \frac{I_{м}}{\mathcal{E}_{г.м}}, \quad (41)$$

где  $I_m$  – капитальные вложения или инвестиции в реализацию данного мероприятия (расчет необходимой их величины выполняют в соответствии с рекомендациями, приведенными в [3, 5], тыс. руб.;

$\mathcal{E}_{г.м}$  – годовой экономический эффект от реализации мероприятия по экономии топливно-энергетических ресурсов, тыс. руб.

Простой срок окупаемости должен быть менее 5 лет. Мероприятия с большим сроком в дальнейших расчетах не рассматриваются.

При необходимости выбора технических и других решений, направленных на рациональное и экономное использование энергетических ресурсов, предпочтение отдают варианту с наименьшим сроком окупаемости вкладываемых в его реализацию средств, для которого определяют и другие показатели экономической эффективности.

Порядок последующих расчетов зависит от простого срока окупаемости: при  $T_n > 1$  определяют чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индекс прибыльности и динамический срок окупаемости капитальных вложений и инвестиций; при  $T_n \leq 1$  находят индекс прибыльности и с его учетом дают общую оценку экономической целесообразности и эффективности вложения денежных средств в данное мероприятие.

#### **2.2.4. Расчет чистого дисконтированного дохода**

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) представляет превышение доходов над затратами нарастающим итогом за расчетный период ( $T$ ). Его величину определяют методом дисконтирования, предусматривающим приведение денежных поступлений и расходов будущих периодов к настоящему моменту времени

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{t=T} (D_t - Z_t - I_t) \cdot (1 + E)^{-t}, \quad (42)$$

где  $T$  – период эксплуатации оборудования, или действия рассматриваемого мероприятия и извлечения от этого дохода, лет;

$D_t$  – денежные поступления от реализации мероприятия в  $t$ -м году, тыс. руб.;

$Z_t$  – эксплуатационные расходы по обслуживанию оборудования и другие затраты на реализацию мероприятия, включая различные платежи (налоги, отчисления) в  $t$ -м году, тыс. руб.;

$I_t$  – инвестиции и капитальные вложения в  $t$ -м году, тыс. руб.;

$E$  – ставка дисконтирования (в расчете принять равной 0,1).

Сомножитель  $(1+E)^{-t}$  называют коэффициентом дисконтирования. Для облегчения расчетов величина этого коэффициента для различных значений ставки дисконтирования  $E$  и разных лет  $t$  в течение расчетного периода приведены в приложении 3.

Положительное значение чистого дисконтированного дохода свидетельствует об экономической целесообразности реализации рассматриваемого мероприятия и для него рассчитывают основные показатели экономической эффективности. При отрицательном значении ЧДД мероприятие экономически неэффективно.

### 2.2.5. Расчет внутренней нормы доходности

Внутренняя норма доходности ( $E_{\text{вн}}$ ) характеризует значение ставки дисконтирования, при которой чистый дисконтированный доход равен нулю, и позволяет найти граничную величину этой ставки, разделяющую финансовые вложения в конкретное мероприятие на выгодные и невыгодные.

Внутреннюю норму доходности рекомендуется определять аналитическим методом по следующей формуле:

$$E_{\text{вн}} = \frac{\text{ЧДД}_1 \cdot (E_2 - E_1)}{\text{ЧДД}_1 - \text{ЧДД}_2} + E_1, \quad (43)$$

где  $\text{ЧДД}_1$  и  $\text{ЧДД}_2$  – чистые дисконтированные доходы для того года, в котором величина этого дохода при ставке дисконтирования  $E_1$  имеет положительное значение ( $\text{ЧДД}_1$ ), а при большей величине этой ставки  $E_2$  – отрицательное значение ( $\text{ЧДД}_2$ ).

Пример расчета величины этого показателя приведен в приложении 4.

Если рассчитанная величина внутренней нормы доходности оказывается выше нормативной ставки дисконтирования (для энергоэффективных мероприятий ее величину принимают равной 0,1), то энергосберегающее мероприятие экономически эффективно. При  $E_{\text{вн}} < E_n$  финансовые средства выгоднее хранить под проценты в банке или реализовать на другие мероприятия. В случае необходимости выбора из нескольких возможных вариантов одного более эффективным является мероприятие с более высокой внутренней нормой доходности.

### 2.2.6. Расчет индекса прибыльности

Индекс прибыльности ( $\Pi_{и}$ ) определяется как отношение разности доходов и затрат при реализации мероприятия к величине капитальных вложений (инвестиций).

Для определения величины  $\Pi_{и}$  используют зависимость

$$\Pi_{и} = \frac{\sum_{t=0}^{t=T} (D_t - Z_t) \cdot (1 + E)^{-t}}{K_0 + \sum_{t=0}^{t=T} K_t \cdot (1 + E)^{-t}}, \quad (44)$$

где  $D_t$ ,  $Z_t$  и  $K_t$  – соответственно доходы, затраты и капитальные вложения по каждому году  $t$  расчетного периода  $T$ , тыс. руб.;

$K_0$  – первоначальные капитальные вложения, тыс. руб.

Мероприятие считается экономически эффективным, если  $\Pi_{и} > 1$ . При необходимости выбора энергосберегающего мероприятия из нескольких более эффективным является мероприятие с более высоким индексом прибыльности.

### 2.2.7. Расчет динамического срока окупаемости

Динамический срок окупаемости капитальных вложений или инвестиций ( $T_{д}$ ) позволяет определять фактический период времени, в течение которого они покрываются суммарными доходами от внедрения мероприятия. Его определяют в тех случаях, когда простой срок окупаемости превышает один год.

Для этого используют графический метод, в соответствии с которым на горизонтальной оси графика откладывают равные промежутки времени, соответствующие годам расчетного периода  $T$ . На вертикальной оси откладывают величины чистого дисконтированного дохода в рассматриваемом году. Для построения самого графика в виде прямой или другого вида линии используют вычисленные значения чистых дисконтированных доходов (ЧДД). При этом надо иметь в виду, что в год осуществления первоначальных капитальных вложений ( $t = 0$ ) чистый дисконтированный доход равен отрицательной величине этих вложений или инвестиций ( $ДД_0 = -И_0$ ). Точка пересечения полученной линии с горизонтальной осью

определяет динамический срок окупаемости вкладываемых в мероприятие средств. Он должен быть меньше нормативного срока, равного 8 годам. При большем сроке рассматриваемое мероприятие внедрять экономически нецелесообразно и невыгодно.

Пример расчета динамического срока окупаемости финансовых вложений приведен в приложении 4.

### **2.2.8. Расчет экономических показателей энергоемкости производства**

Для оценки влияния энергоэффективных мероприятий в целом на эффективность следует рассчитать экономические показатели энергоемкости производства [5]:

а) общая энергоемкость производства

$$\text{ЭЕ}_0 = \frac{З_э}{\text{ТП}}, \quad (45)$$

где  $З_э$  – затраты энергетических ресурсов всех видов на производство товарной продукции в стоимостном выражении, тыс. руб.;

ТП – стоимость товарной продукции, тыс. руб.;

б) электроемкость производства

$$\text{ЭЕ}_э = \frac{З_{ээ}}{\text{ТП}}, \quad (46)$$

где  $З_{ээ}$  – затраты электроэнергии на производство товарной продукции в стоимостном выражении, тыс. руб.;

в) топливoемкость производства

$$\text{ЭЕ}_т = \frac{З_т}{\text{ТП}}, \quad (47)$$

где  $З_т$  – затраты топлива на производство товарной продукции в стоимостном выражении, тыс. руб.;

г) удельный вес затрат на топливно-энергетические ресурсы в полной себестоимости продукции

$$Y_э = \frac{З_э}{C_п \cdot N}, \quad (48)$$

где  $C_п$  – полная себестоимость единицы продукции, тыс. руб.;

$N$  – объем производства продукции в натуральном выражении.

Величина приведенных выше показателей должна быть определена до и после реализации рекомендуемых в дипломном проекте мероприятий и их сравнение должно подтверждать экономическую эффективность внедрения предлагаемых технических решений.

### 3. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В заключительной части раздела необходимо изложить основные результаты проведенных экономических расчетов, оценить эффективность рекомендуемых мероприятий, сделать общие выводы и предложить практическое применение предлагаемых организационных и технических решений.

Для оценки экономической эффективности полученных результатов и формулирования выводов и предложений изложение заключительного материала следует начать с краткой характеристики состояния вопроса по энергообеспечению и энергосбережению на рассматриваемом производственном объекте (предприятие, цех, участок, технологическая линия или отдельное оборудование). При этом необходимо указать источники и объемы получения тепловой и электрической энергии, затраты на ее производство или приобретение, а также привести показатели удельной энергоемкости основной продукции и перечислить первоочередные задачи по энергосбережению и снижению стоимости потребляемой энергии. Далее необходимо изложить суть рекомендуемых в технологическом разделе энергоэффективных мероприятий, ожидаемые технические результаты от их реализации и возможные объемы внедрения.

Для оценки экономической эффективности этих мероприятий должны быть приведены величины необходимых затрат (капитальные вложения или инвестиции), ожидаемого дохода за весь период реализации мероприятий, индекса прибыльности и внутренней нормы доходности, а также динамического срока окупаемости затрат. Для характеристики эффективности затрат энергоресурсов на производство продукции с использованием предлагаемых решений следует привести показатели ее энергоемкости и сравнить их с аналогичными показателями в существующих условиях.

На основе оценки вышеперечисленных экономических показателей и сравнения их величин с нормальными значениями сделать вывод о целесообразности и эффективности практического использования рекомендуемых в дипломном проекте энергоэффективных мероприятий и дать предложения по их внедрению на рассматриваемом и на других предприятиях химико-лесного комплекса.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Тарифные разряды и межразрядные коэффициенты рабочих

Разряды	1	2	3	4	5	6	7	8
Межразрядные коэффициенты	1,0	1,30	1,51	1,75	1,93	2,12	2,33	2,66

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Нормы амортизационных отчислений

Группа и вид основных фондов	Норма амортизационных отчислений, %
Теплотехническое оборудование	
Стационарные паровые котлы	3,7
Стационарные водогрейные котлы	5,0
Котлы паровые производственных котельных (производительностью до 2 Гкал/ч)	11,0
Теплогенераторы	14,3
Приборы и устройства для контроля и регулирования тепловой энергии	14,3
Электрическое оборудование	
Электродвигатели	6,6
Силовое электротехническое оборудование и распределительные устройства	4,4
Электроарматура и электроприборы	8,3
Электроизмерительные приборы и устройства	11,0

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица

### Коэффициенты дисконтирования

Год ( $t$ ) расчетного периода ( $T$ )	Величина коэффициента дисконтирования $(1+E)^{-t}$ при ставке дисконта $E$					
	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
1	2	3	4	5	6	7
1	0,909	0,893	0,877	0,862	0,847	0,833

2	0,826	0,797	0,769	0,743	0,718	0,694
Окончание табл.						
3	0,751	0,712	0,675	0,641	0,609	0,579
4	0,683	0,636	0,592	0,552	0,516	0,482
5	0,621	0,567	0,519	0,476	0,437	0,402
6	0,564	0,507	0,476	0,410	0,370	0,335
7	0,513	0,452	0,400	0,354	0,314	0,279
8	0,467	0,404	0,351	0,305	0,266	0,233
9	0,424	0,361	0,308	0,263	0,225	0,194
10	0,386	0,322	0,270	0,227	0,191	0,162

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Пример расчета

На предприятии планируется внедрение энергосберегающего мероприятия, требующее капитальных вложений в размере 125,3 млн. руб. Расчетная годовая экономия 33,4 млн. руб., расчетный период, в течение которого осуществляются инвестиции и эксплуатация оборудования, а также извлекается доход от реализации мероприятия, составит 10 лет. Расчет капитальных вложений и годовой экономии определен в соответствии с Методическими рекомендациями по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий, разработанных Комитетом по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь.

Определяется простой срок окупаемости ( $T_{п}$ )

$$T_{п} = \frac{125,3}{33,4} = 3,75 \text{ лет.}$$

Поскольку величина  $T_{п}$  превышает один год, для принятия решения о финансировании энергосберегающего мероприятия рассчитываются чистый дисконтированный доход (ЧДД), внутренняя норма доходности ( $E_{н}$ ), индекс прибыльности ( $\Pi_{и}$ ) и динамический срок окупаемости ( $I_{д}$ ) капитальных вложений или инвестиций.

Метод, учитывающий стоимость денег с учетом доходов будущего периода, называется дисконтированием. В целях оценки энергосберегающего мероприятия этот термин означает приведение «будущей стоимости» денег к «настоящей стоимости» при помощи

годового процента, называемого ставкой дисконтирования. Расчет осуществляется по формуле:

$$НС_t = БС_t \cdot (1 + E)^{-t},$$

где НС – настоящая стоимость, млн. руб.;

БС – будущая стоимость, млн. руб.;

$E$  – ставка дисконтирования;

$t$  – порядковый номер года расчетного периода.

Рассчитывается «настоящая» стоимость денег для каждого года расчетного периода:

– для 1-го года

$$НС_1 = 33,43 \cdot (1 + 0,1)^{-1} = 30,391 \text{ млн. руб.};$$

– для 2-го года

$$НС_2 = 33,43 \cdot (1 + 0,1)^{-2} = 27,628 \text{ млн. руб.}$$

Аналогично ведут расчет для последующих лет в пределах расчетного периода (10 лет).

Чистый дисконтированный доход рассчитывается при нормативной ставке дисконтирования  $E_1 = 0,10$  и при ставке  $E_2 = 0,12$  с использованием данных приложения 3 о величине коэффициента дисконтирования. Полученные значения ЧДД сводятся в табл.

Таблица

**Чистый дисконтированный доход**

Год	Капитальные вложения	Экономия	«Настоящая» стоимость	Чистый дисконтированный доход при $E = 0,10$	Чистый дисконтированный доход при $E = 0,12$
0	125,3	–	–	–125,300	–125,300
1	–	33,43	30,391	–94,909	–95,452
2	–	33,43	27,628	–67,281	–68,802
3	–	33,43	25,116	–42,165	–45,007
4	–	33,43	22,833	–19,331	–23,761
5	–	33,43	20,757	1,426	–4,792
6	–	33,43	18,870	20,296	12,144
7	–	33,43	17,155	37,451	27,266
8	–	33,43	15,595	53,047	40,768
9	–	33,43	14,178	67,224	52,823

10	–	33,43	12,889	80,113	63,587
Итого	125,3	33,43	205,413	–	–

Для определения внутренней нормы доходности ( $E_{вн}$ ) выбирают год, для которого величина чистого дисконтированного дохода будет положительной и отрицательной при разных ставках дисконтирования. При расчете используют данные таблицы, в которой таким годом является пятый год. Для него значение расчетных показателей составляет:  $ЧДД_1 = +1,426$ ;  $ЧДД_2 = -4,792$ ;  $E_1 = 0,10$  и  $E_2 = 0,12$ .

Величину  $E_{вн}$  определяют с использованием этих показателей по формуле (43)

$$E_{вн} = \frac{1,426 \cdot (0,12 - 0,10)}{1,426 - (-4,792)} + 0,10 = 0,105.$$

При расчете индекса прибыльности используются итоговое значение графы «Настоящая стоимость» и значение капитальных вложений из таблицы. Величина этого показателя составит

$$\Pi_{и} = \frac{205,413}{125,3} = 1,64 > 1.$$

Для определения динамического срока окупаемости финансовых вложений в рассматриваемое мероприятие строят с использованием данных таблицы график изменения чистого дисконтированного дохода по годам расчетного периода (рис.).

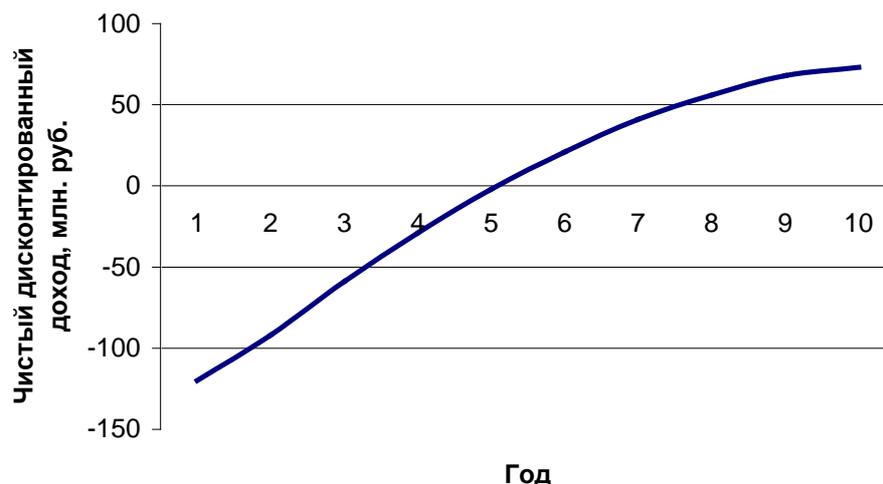


Рис. График для определения динамического срока окупаемости

Точка пересечения кривой с осью времени реализации мероприятий (в годах) определяет динамический срок окупаемости, равный 4,9 лет, что меньше нормативного значения (8 лет) этого показателя.

Таким образом, полученные в результате расчетов значения чистого дисконтированного дохода, внутренней нормы доходности, индекса прибыльности и динамического срока окупаемости финансовых средств подтверждают экономическую эффективность использования капитальных вложений или инвестиций на внедрение данного энергосберегающего мероприятия.

При необходимости выбора энергоэффективного мероприятия из нескольких следует сравнить их экономические показатели и рекомендовать для практической реализации наиболее эффективный вариант (с большой величиной чистого дисконтированного дохода и меньшим динамическим сроком окупаемости затрат).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Володин В. И. Энергосбережение. – Мн.: БГТУ, 2001.
2. Андрижевский А. А., Володин В. И. Энергосбережение и энергетический менеджмент. – Мн.: БГТУ, 2003.
3. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. Комитет по энергоэффективности при СМ РБ. – Мн., 2004.
4. Инструкция по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий. – Мн.: УВИЦ, 2003.
5. Сюсюкина Л. А., Касперович С. А. Экономика предприятия: учеб.-метод. пособие. – Мн.: БГТУ, 2004.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Общие положения .....	4
2. Оценка экономической эффективности .....	6
2.1. Алгоритм определения экономической эффективности ...	6
2.2. Показатели экономической эффективности и их расчет ...	6
2.2.1. Характеристика показателей .....	6
2.2.2. Расчет экономического эффекта .....	7
2.2.3. Расчет простого срока окупаемости .....	25
2.2.4. Расчет чистого дисконтированного дохода .....	26
2.2.5. Расчет внутренней нормы доходности .....	26
2.2.6. Расчет индекса прибыльности .....	27
2.2.7. Расчет динамического срока окупаемости .....	28
2.2.8. Расчет экономических показателей энергоемкости производства .....	28
3. Выводы и предложения .....	30
Приложения .....	31
Литература .....	36

# **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ**

Составитель  
**Тришин Геннадий Григорьевич**

Редактор Е. С. Ватеичкина

Подписано в печать 29.12.2005. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 2,3.  
Тираж 70 экз. Заказ .

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0133255 от 30.04.2004.

Отпечатано в лаборатории полиграфии учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220050. Минск, Свердлова, 13.  
ЛП № 02330/0056739 от 22.01.2004.