

Повышение энергетической эффективности промышленных потребителей за счет увеличения объемов выпускаемой продукции

Одной из основных целей государственной политики Республики Беларусь является обеспечение повышения конкурентоспособности государственной экономики за счет сокращения издержек, связанных с производством продукции. При том, что энергоёмкость ВВП Республики Беларусь в последние годы оказывается ниже энергоёмкости стран СНГ, она остается в 1,5–1,8 раза больше, чем в развитых странах. На энергообеспечение производств тратится до 25% всего ВВП республики.

Более 80% потребляемых в республике ТЭР являются импортируемыми, что делает экономику зависимой от внешних дестабилизирующих факторов (экономические и политические изменения, происходящие в странах — импортерах первичных энергетических ресурсов). Одним из путей повышения независимости экономики является сокращение потребления энергетических ресурсов, при этом сокращение потребления ТЭР за счет сокращения объемов производства продукции приводит к упадку экономики и является недопустимым. Необходимым является сокращение потребления ТЭР при сохранении или увеличении объемов производимой продукции и оказываемых услуг. Такое сокращение обеспечивается за счет энергосбережения.

Энергосбережение — это процесс сокращения потребности в энергоресурсах и энергоносителях в расчете на единицу конечного полезного эффекта их применения. Результатом процесса энергосбережения является повышение уровня энергоэффективности.

Энергоэффективность — характеристика социально-экономической или технической системы и технологического процесса, предполагающая максимальное использование ра-

боты, способной совершаться за счет энергетических ресурсов (эксергии).

В соответствии с Директивой № 3 Президента перед Республикой Беларусь поставлена задача повышения энергетической эффективности экономики республики за счет снижения энергоёмкости ВВП к 2020 г. на 60% по отношению к 2005 г. Для оценки выполнимости поставленной задачи необходимо проанализировать закономерности изменения ВВП республики и ее энергопотребления. На рисунке 1 представлена динамика ВВП Республики Беларусь за 1995–2006 гг. в сопоставимых ценах 2005 г.

На рисунке 2 представлена динамика потребления топливно-энергетических ресурсов республики.

В Республике Беларусь, одной из первых среди стран СНГ, была осознана необходимость энергосбережения как средства повышения конкурентоспособности и энергетической безопасности экономики, что нашло свое отражение в принятии Закона «Об энергосбережении». Законом предусматриваются: государственный надзор за рациональным использованием ТЭР, нормирование расхода топлива и энергии на производство продукции, проведение обязательных энер-

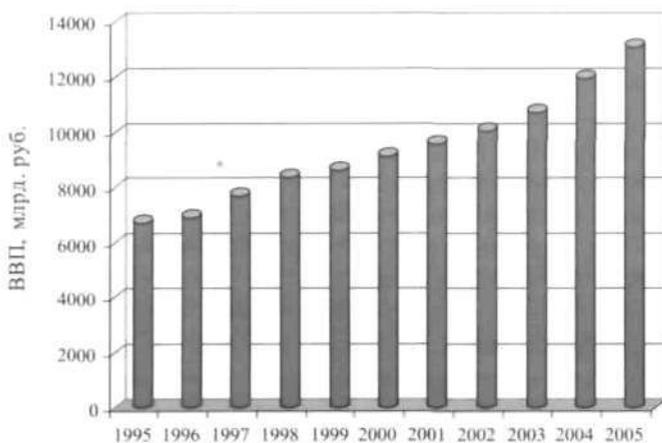


Рис. 1. Динамика ВВП Республики Беларусь в сопоставимых ценах 2005 г.

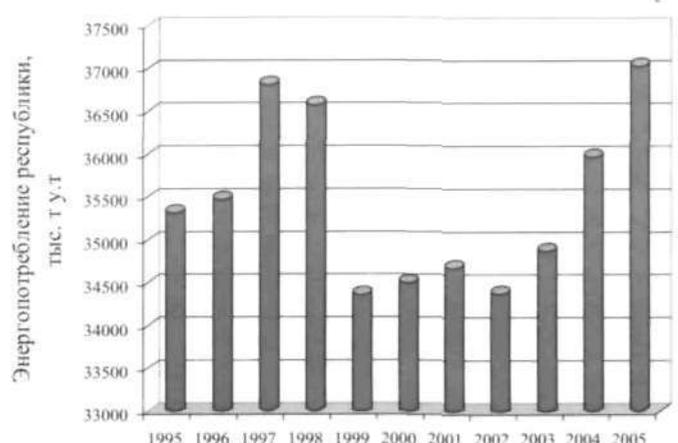


Рис. 2. Динамика потребления ТЭР

гетических обследований с целью оценки эффективности использования ТЭР и обеспечения их экономии. Введение данного закона и активная деятельность в области энергосбережения Комитета по энергоэффективности при Совете Министров Республики Беларусь привели к тому, что при росте ВВП в период с 1997 г. по 1999 г. в стране наблюдалось снижение энергопотребления. Основным эффектом энергосбережения в эти годы достигался за счет устранения бесхозяйственности и нерациональных потерь энергетических ресурсов. В период с 2000 г. по 2002 г. энергопотребление республики практически не изменилось, рост ВВП превысил 16%. В период активного развития экономики (прирост ВВП составил 30%) с 2002 г. по 2005 г. наблюдается рост валового потребления топливно-энергетических ресурсов.

В результате анализа более 100 энергетических аудитов промышленных потребителей Гомельской области в период с 2000 г. по 2005 г. выяснилось, что такая динамика валового потребления ТЭР объясняется тем, что реализация программ по энергосбережению в 1997–2002 гг. осуществлялась за счет малозатратных и организационных мероприятий, которые позволяли ощутить эффект от их внедрения уже в текущем году. Резерв малозатратных мероприятий к 2004–2005 гг. значительно сократился. Так, потенциал энергосбережения за счет замены оборудования завышенной мощности в 2001 г. составлял более 7% всего выявленного потенциала, а в 2005 г. уже 0,1%. Реализация программ по энергосбережению после 2002 г. в большей степени основывалась на внедрении мероприятий по совершенствованию технологического процесса (на долю технологических мероприятий по энергосбережению приходилось более 70% выявленного потенциала энергосбережения). Внедрение энергосберегающих мероприятий в технологическом процессе является более капиталоемким, что подтверждается увеличением простого срока окупаемости с 1,3 года в 2002 г. до 4,2 года в 2005 г. Кроме того, такие мероприятия отличаются и более сложной технической реализацией. Все это приводит к срывам сроков внедрения мероприятий и к неполучению ожидаемого эффекта энергосбережения из-за изменения условий функционирования предприятий.

Энергоемкость ВВП — один из важнейших показателей социально-экономического развития страны и может определяться из выражения:

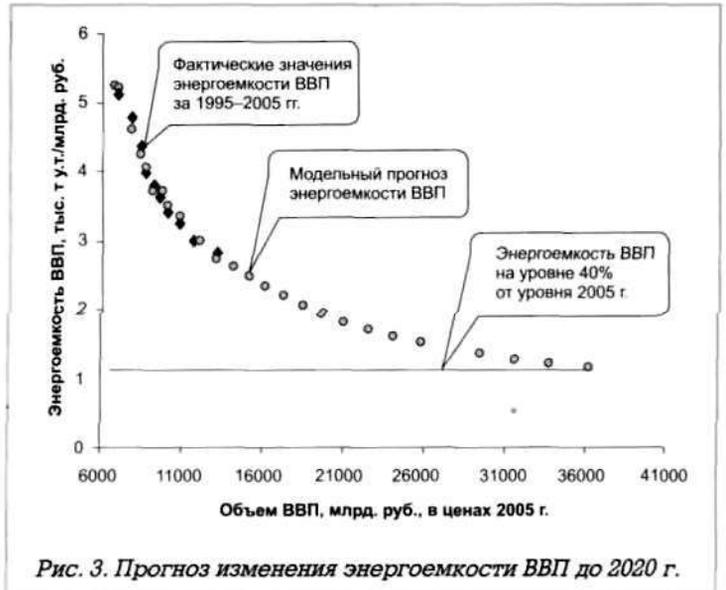
$$b = \frac{B}{\text{ВВП}}, \text{ тыс. т у.т./млрд. руб.} \quad (1.1)$$

На рисунке 3 представлены фактические значения энергоемкости ВВП Республики Беларусь за 1995–2005 гг., прогноз ее изменения до 2020 г. с сохранением существующих темпов ее снижения. При прогнозировании энергоемкости ВВП на период до 2020 г. приняты следующие допущения:

— темпы роста ВВП Республики Беларусь составят 7%/год;

— темпы снижения энергоемкости ВВП за счет энергосберегающих мероприятий сохранятся на уровне периода 1995–2005 гг.

Из рисунка 3 видно, что при сохранении существующих темпов снижения энергоемкости ВВП за счет энергосбережения поставленная задача снижения энергоемкости ВВП к 2020 г. на 60% по отношению к уровню 2005 г. является выполнимой. Сохранение темпов снижения энергоемкости ВВП за счет энергосберегающих мероприятий на уровне 1995–2005 гг. (когда основными энергосберегающими мероприятиями являлись устранение нерациональных потерь



энергии и устранение холостого хода оборудования) потребует коренных изменений в технологических процессах предприятий, внедрения современных энергосберегающих технологий и материалов и, как следствие, значительных капиталовложений.

Программой энергосбережения на 2006–2010 гг. в качестве одного из основных мероприятий рассматривается повышение энергоэффективности в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, бюджетной сфере.

Повышение энергетической эффективности промышленных потребителей осуществляется в первую очередь за счет внедрения энергосберегающих мероприятий, которые ведут к снижению электропотребления. Снижение электропотребления за счет внедрения энергосберегающих мероприятий называется экономией электрической энергии. Экономия, являясь разницей между электропотреблением до и после внедрения энергосберегающего мероприятия, определяется из выражения:

$$\Delta W = W_1 - W_2, \quad (1)$$

где

W_1 — расход электрической энергии после внедрения энергосберегающего мероприятия, кВт·ч;

W_2 — расход электрической энергии до внедрения энергосберегающего мероприятия, кВт·ч.

Из выражения видно, что экономия электрической энергии имеет отрицательный знак, что находит свое отражение и в статистической отчетности 11-сн, 1-э (Энергосбережение). Вопросам оценки экономии электрической энергии от тех или иных мероприятий по энергосбережению уделено большое внимание в научной и технической литературе.

Исходя из гиперболического закона зависимости удельного расхода ЭЭ от объемов выпускаемой продукции, при увеличении объемов выпускаемой продукции ЭЭФ промышленного потребителя повышается, поскольку удельный расход ЭЭ на выпуск продукции уменьшается. При этом вопросам оценки экономии электрической энергии при увеличении объемов выпускаемой продукции не уделяется достаточного внимания.

Рассмотрим снижение удельного расхода электрической энергии при увеличении объемов выпускаемой продукции для завода полиэфирной текстильной нити (рис. 4). Среднесуточный объем выпускаемой продукции в 2007 г. составил $\Pi_{M2007} = 64124$ кг/сут, а в 2008 г. — $\Pi_{M2008} = 69865$ кг/сут. Фактический среднесуточный расход электрической энергии предприятия в 2007 г. равен площади прямоугольника $abcd$, среднесуточный расход электрической энергии предприятия в 2008 г. равен площади прямоугольника $aefh$. Гипотетический расход электрической энергии предприятия в 2008 г. с уровнем ЭЭФ 2007 г. равен площади прямоугольника $aged$. Тогда экономию электрической энергии за счет увеличения объемов выпускаемой продукции можно определить как разницу между фактическим электропотреблением 2008 г. ($aefh$) и гипотетическим потреблением ($aged$).

Тогда выражение (1) можно записать в виде:

$$\Delta W = W_{уд.2008} \cdot \Pi_{M2008} - W_{уд.2007} \cdot \Pi_{M2008}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}. \quad (2)$$

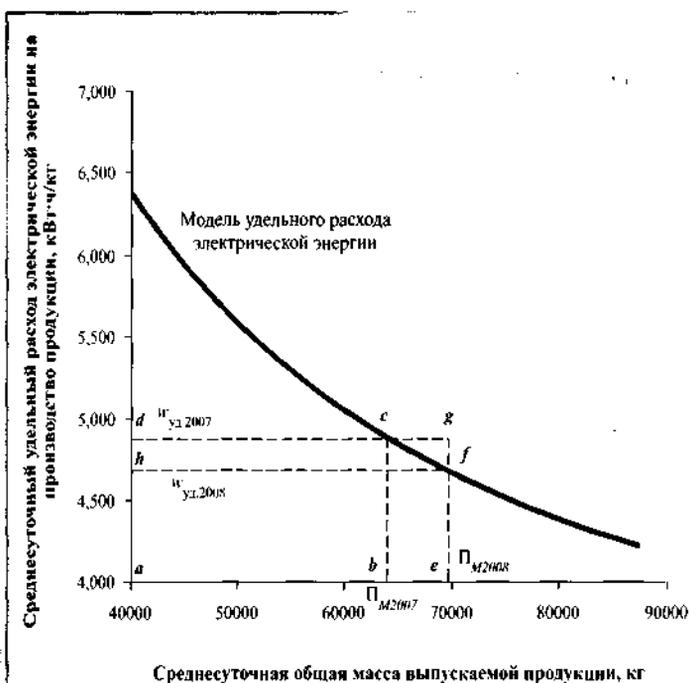


Рис. 4. Снижение удельного расхода электрической энергии за счет увеличения объемов выпускаемой продукции

С учетом гиперболической зависимости удельного расхода электрической энергии от объемов выпускаемой продукции получим:

$$\Delta W = \left(w_{уд.2008} + \frac{W_{усл.пост.2008}}{\Pi_{M2008}} \right) \cdot \Pi_{M2008} - \left(w_{уд.2007} + \frac{W_{усл.пост.2007}}{\Pi_{M2007}} \right) \cdot \Pi_{M2008}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}, \quad (3)$$

где $w_{уд.2008}$, $w_{уд.2007}$ — величина удельного технологического расхода электрической энергии на выпуск продукции в 2008 и 2007 гг. соответственно; $W_{усл.пост.2008}$, $W_{усл.пост.2007}$ — величина условно-постоянного электропотребления предприятия в 2008 г. и 2007 гг. соответственно.

Поскольку мы оцениваем экономию электрической энергии только от увеличения объемов выпускаемой продукции, параметры модели удельного расхода 2007–2008 гг. можно принять равными ($w_{уд.2008} = w_{уд.2007}$ и $W_{усл.пост.2008} = W_{усл.пост.2007}$). Тогда раскрыв скобки в выражении (3), получим выражение для оценки экономии ЭЭ:

$$\Delta W = w_{усл.пост.2007} \cdot \Pi_{M2008} - \left(\frac{W_{усл.пост.2007}}{\Pi_{M2007}} \right) \cdot \Pi_{M2008} = w_{усл.пост.2007} \cdot \Pi_{M2008} \cdot \left(1 - \frac{\Pi_{M2008}}{\Pi_{M2007}} \right). \quad (4)$$

Данное выражение позволяет оценить экономию электрической энергии за счет увеличения объемов выпускаемой продукции в кВт·ч. Обозначим $\frac{\Pi_{M2008}}{\Pi_{M2007}} = \frac{J}{100}$ — темпы роста объемов производимой продукции. Обе части выражения (4) разделим на электропотребление 2007 г. и умножим на 100%:

$$\frac{\Delta W}{W_{2007}} \cdot 100\% = \frac{W_{усл.пост.2007}}{W_{2007}} \cdot 100\% \cdot \left(1 - \frac{J}{100} \right). \quad (5)$$

В левой части выражения получили процент снижения электропотребления предприятия (δW) за счет увеличения объемов выпускаемой продукции. Величина $\frac{W_{усл.пост.2007}}{W_{2007}} \cdot 100\%$ является процентной долей условно-постоянного потребления в общем потреблении 2007 г. Обозначив ее $W_{пост.\%}$ получим:

$$\delta W = W_{пост.\%} \cdot \left(1 - \frac{J}{100} \right). \quad (6)$$

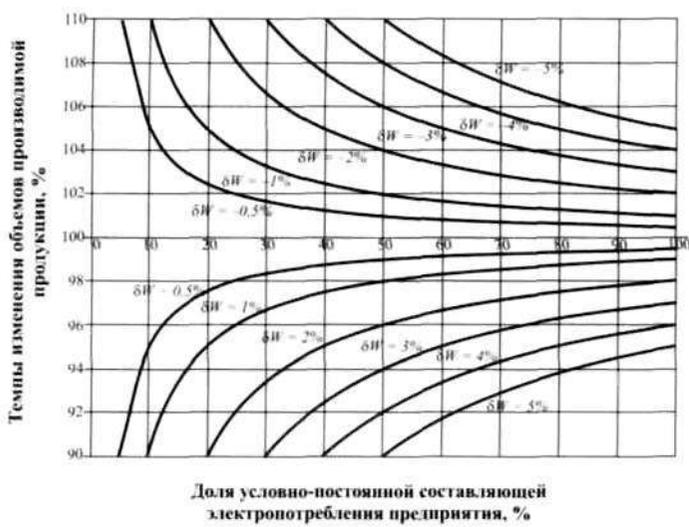


Рис. 5. Номограмма для оценки экономии ЭЭ за счет увеличения объемов производства продукции

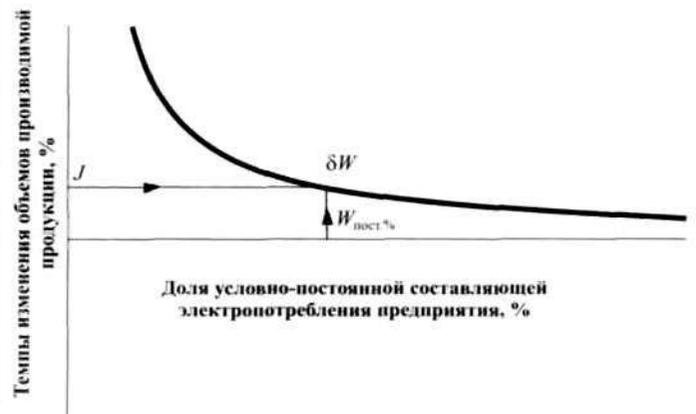


Рис. 6. Ключ пользования номограммой для оценки экономии ЭЭ за счет увеличения объемов производства продукции

Из выражения (6) видно, что процент экономии ЭЭ за счет увеличения объемов выпускаемой продукции зависит только от темпов роста объемов производимой продукции и доли условно-постоянного расхода ЭЭ в общем электропотреблении предприятия. Это позволяет использовать выражение (6) для построения универсальной номограммы для определения экономии ЭЭ за счет увеличения объемов выпускаемой продукции.

Поскольку выражение (6) содержит три переменные, то номограмма для оценки экономии окажется сетчатой. Сетчатые номограммы дают возможность изобразить практически любую зависимость с тремя переменными. При построении номограммы для выражения (6) удобно бинарное поле взять таким, чтобы образовалась ортогональная сетка. Уравнения сетки запишутся в виде:

$$x = W_{\text{пост}\%}, \quad y = \left(1 - \frac{J}{100}\right). \quad (7)$$

Уравнение семейства линий δW запишется:

$$\delta W = x \cdot y. \quad (8)$$

Это уравнение равносторонних гипербол, имеющих асимптотами оси Ox и Oy . Для построения этого семейства составим таблицу значений y как функции x при фиксированных значениях δW . Например, $\delta W = -10$, тогда:

$$y = \frac{\delta W}{x} = \frac{10}{x}. \quad (9)$$

Доля условно-постоянной составляющей электропотребления промышленного потребителя может варьироваться от 100% до 0% в зависимости от индивидуальных особенностей технологического процесса. Тогда область возможных значений переменной x лежит в диапазоне от 0 до 100. Рассчитанные значения y заносим в таблицу. Аналогичный рас-

чет производится для остальных значений δW . Выразив темпы роста объемов производимой продукции через y , выражение (7), заменим ось y на ось J , получим номограмму (рис. 5). Ключ пользования номограммой представлен на рисунке 6.

Для определения экономии ЭЭ за счет увеличения объемов выпускаемой продукции необходимо по оси x отложить долю постоянного расхода ЭЭ в общем электропотреблении предприятия в текущем году и провести линию, параллельную оси y . На оси y отложить планируемые темпы роста объемов производимой продукции и провести линию, параллельную оси x . Линия, соответствующая расчетной экономии ЭЭ, проходит через точку пересечения отложенных прямых.

Одной из областей применения разработанной универсальной номограммы является оценка экономии электрической энергии за счет установки дополнительного технологического оборудования. В случае когда на предприятии планируется ввод дополнительного технологического оборудования, которое позволит увеличить объем выпускаемой продукции, экономический эффект может быть увеличен за счет повышения ЭЭФ всего предприятия и соответствующей экономии электрической энергии. Такой подход оценки экономии не оправдан, если на предприятии производится существенная модернизация или ввод дополнительных значительных мощностей с использованием технологии производства продукции, отличающейся от применяемой на предприятии. Массовый ввод оборудования с расходными характеристиками, отличающимися от применяемого на предприятии, приведет к изменению параметров модели электропотребления, что может вызвать как снижение, так и увеличение удельного расхода ЭЭ на выпуск продукции. При этом, когда вводится несколько единиц оборудования (в том числе и с отличными расходными характеристиками), в силу эмерджентности технологической системы значительного изменения параметров модели электропотребления не произойдет, а оценка экономии электрической энергии за счет увеличения объемов производства продукции окажется точной.

Выводы

1. Энергоемкость ВВП Республики Беларусь в 1,5–1,8 раза больше, чем в развитых странах. Более 80% потребляемых в республике энергетических ресурсов импортируется, что делает экономику зависимой от внешних дестабилизирующих факторов.

2. Введение Закона «Об энергосбережении» в 1998 г. и активная деятельность государства в области энергосбережения привели к необходимости концентрации внимания на технологических мероприятиях по энергосбережению.

3. Выполнение задания Президента Республики Беларусь по снижению энергоемкости ВВП к 2020 г. на 60% от уровня 2005 г. возможно при сохранении темпов снижения энергоемкости ВВП на уровне 1997–2005 гг.

4. Изменение объемов выпускаемой продукции для предприятий с простой взаимосвязью между электропотреблением и объемами выпускаемой продукции приводит к повышению энергетической эффективности.

5. Изменение энергетической эффективности предприятия при увеличении объемов выпускаемой продукции зависит только от величины условно-постоянной составляющей электропотребления и темпов роста объемов производства продукции.

6. Разработана универсальная номограмма оценки экономии ЭЭ при увеличении объемов производства продукции за счет повышения энергетической эффективности предприятия.

Литература

1. Об утверждении Концепции энергетической безопасности и повышения энергетической независимости Республики Беларусь и Государственной комплексной программы модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006–2010 гг.: Указ Президента Республики Беларусь, 25 августа 2005 г., № 399 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс]. ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2006.

2. Поспелова, Т.Г. Основы энергосбережения / Т.Г. Поспелова. Минск: УП «Технопринт», 2000. 356 с.

3. Об энергосбережении: Закон Респ. Беларусь, 15 июля 1998 г., № 190-3; в ред. Закона Респ. Беларусь от 20.07.2006 г. // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 [Электронный ресурс] ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2006.

4. Статистика: показатели и методы анализа: справ. пособие / Н.Н. Бондаренко [и др.]; под ред. М.М. Новикова. Минск: Современная школа, 2005. 628 с.

5. Проскураков, В.М. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ / В.М. Проскураков, Р.И. Самуйловичус. М.: Экономика, 1988. 175 с.

6. Токочакова, Н.В. Показатели энергоэффективности промышленных потребителей // Н.В. Токочакова, Д.Р. Мороз. Вестн. Гом. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. 2006. № 3. С. 66–75.

7. Хованский, Г.С. Основы номографии / Г.С. Хованский. Москва: Наука, 1976. 351 с.