

Формирование и оценка экономии электрической энергии промышленных потребителей

В соответствии с Законом об энергосбережении Республики Беларусь эффективное использование топливно-энергетических ресурсов предполагает использование всех видов энергии прогрессивными (экономически оправданными) способами при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении законодательства. Между эффективным и экономным использованием ТЭР нельзя ставить знак равенства: экономия может быть достигнута простым отключением потребителей от источников энергоснабжения. Для промышленных потребителей Республики Беларусь проблема анализа, обоснования и принятия решений по повышению энергетической эффективности приобрела высокую актуальность. Появился дополнительный спектр задач, связанных с выявлением и обоснованием потенциала энергосбережения промышленных потребителей и прогнозированием самих показателей энергоэффективности. Количественной характеристикой энергосбережения является экономия ТЭР.

У энергетиков, активно занимающихся внедрением энергосберегающих мероприятий, возникает проблема достоверной оценки величины экономии электрической энергии, поскольку на практике величины фактической и плановой экономии могут значительно отличаться. Рассмотрим закономерности формирования плановой и способы оценки достигнутой экономии электроэнергии.

Для управления энергоэффективностью у самих промышленных потребителей следует выделять уровни, которые формируют цепочку управления: **первый уровень** — единица технологического оборудования, отдельный электроприемник; **второй уровень** — технологическая линия; **третий уровень** — цех, производственный участок; и последним, **четвертым уровнем** является уровень промышленных потребителей. На каждом уровне при решении определенного круга задач производится оценка экономии электроэнергии, при этом на каждом из них существуют свои законы формирования и способы оценки ее экономии.

На **первом уровне** (единица технологического оборудования) оценка экономии электрической энергии производится, как правило, либо для выбора наиболее экономичного режима работы существующей единицы технологического оборудования, либо для оценки срока окупаемости (целесообразности) модернизации или замены существующего агрегата. Чаще всего при проведении энергетического обследования объектом пристального внимания становятся мощные общепроизводственные и технологические агрегаты, такие как компрессоры, вентиляторы, насосы и другие электроприемники. При этом уже на первом уровне инженер сталкивается с проблемой достоверной оценки экономии электроэнергии, вызванной трудностью получения первичных исходных данных, использованием усредненных коэффициентов в аналитических зависимостях, усреднением показателей режимов работы технологического оборудования при нелинейной взаимосвязи данных показателей с потребле-

нием электроэнергии. На данном уровне экономию после модернизации оборудования можно измерить, фиксируя значение либо тока, либо нагрузки, либо расход электрической энергии до и после проведения энергосберегающего мероприятия. Однако достоверность оценки экономии будет зависеть от технологического режима работы данного агрегата, который не должен измениться до и после проведения энергосберегающего мероприятия.

При совершенствовании режимов работы существующего агрегата достоверность оценки достигнутой экономии электроэнергии с использованием показаний измерительных приборов не вызывает сомнения. Однако определение экономии для оценки целесообразности модернизации или замены технологического оборудования возможно только расчетным путем.

На **втором уровне** (технологическая линия) оценка экономии электроэнергии производится для решения вопроса о целесообразности модернизации технологического процесса как одного из технико-экономических показателей проекта. Поэто-

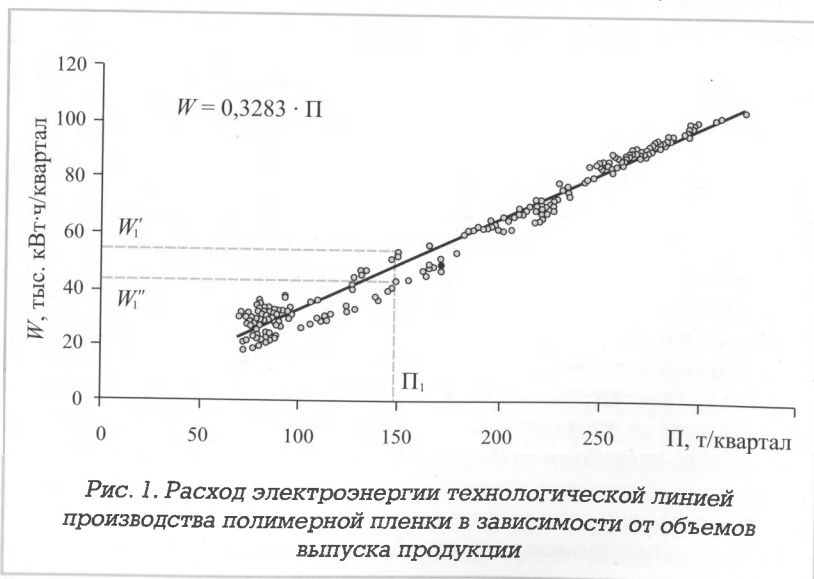


Рис. 1. Расход электроэнергии технологической линией производства полимерной пленки в зависимости от объемов выпуска продукции

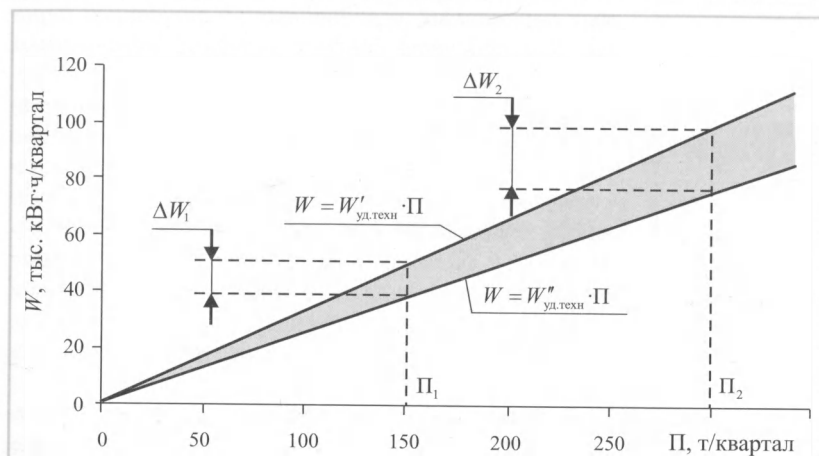


Рис. 2. Изменение экономии электроэнергии при изменении объемов производства

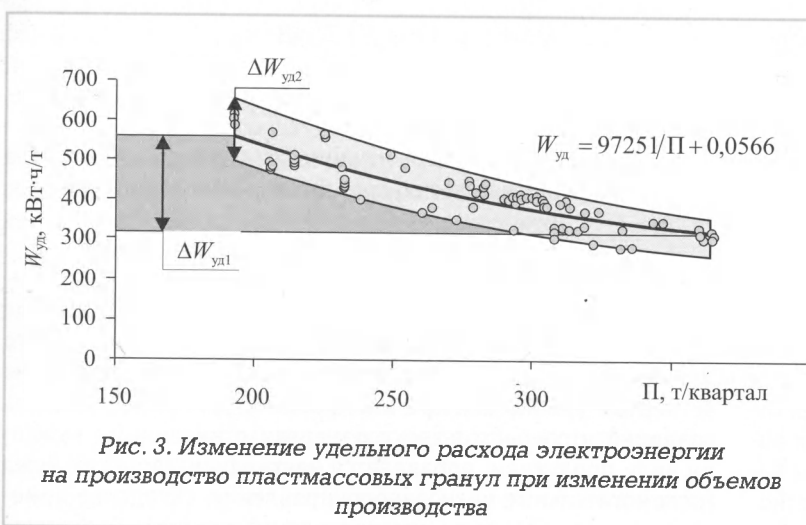


Рис. 3. Изменение удельного расхода электроэнергии на производство пластмассовых гранул при изменении объемов производства

му на практике оценка возможной экономии производится расчетным путем. Однако действительная экономия электроэнергии всегда будет отличаться от расчетной, поскольку формируется под влиянием множества факторов, основными из которых являются загрузка технологической линии, характеристики сырья и параметры окружающей среды.

При росте числа электроприемников в составе технологической линии до десятков и даже сотен единиц поддержание неизменных режимов работы всех электроприемников технологической линии практически невозможно. Поэтому оценка действительной экономии в результате модернизации технологического процесса **должна определяться по разнице удельных расходов электроэнергии в сопоставимых условиях выпуска продукции** до и после проведения мероприятия.

Рассмотрим расход электроэнергии (сглаженный скользящим средним с периодом усреднения 90 суток) технологической линией производства полимерной пленки в зависимости от объемов выпуска продукции. На рисунке 1 видно, что зависимость электропотребления от объемов выпуска продукции для технологической линии может быть описана линейной функцией, соответствующей однофакторной модели, вида:

$$W = W_{уд.техн} \cdot П, \text{ кВт·ч/квартал}, \quad (1)$$

где $W_{уд.техн}$ — удельный технологический расход электроэнергии на выпуск продукции, кВт·ч/т;

$П$ — объем выпуска продукции, т/квартал.

Вместе с тем значение технологического расхода электроэнергии на выпуск одного и того же объема продукции изменяется в диапазоне от W'_1 до W''_1 , что обуславливается изменением как характеристик сырья, так и параметров окружающей среды. Отметим, что для большинства промышленных потребителей изменение характеристик сырья не оказывает значительного влияния на электропотребление, и, как следствие, им пренебрегают. Влияние же параметров окружающей среды снижают с помощью дифференциации удельных расходов электроэнергии по сезонам.

В тех случаях, когда изменение характеристик технологического сырья и параметров окружающей среды незначительно влияет на режим электропотребления, эффект от энергосберегающего мероприятия зависит только от производительности и увеличивается с ее ростом. Количественно этот эффект может быть оценен величиной сэкономленной электроэнергии (рис. 2):

$$\Delta W = (W'_{уд.техн} - W''_{уд.техн}) \cdot П, \text{ кВт·ч/квартал}, \quad (2)$$

где $W'_{уд.техн}$, $W''_{уд.техн}$ — удельный технологический расход электроэнергии на выпуск продукции до и после энергосберегающего мероприятия соответственно, кВт·ч/т;

$П$ — объем выпуска продукции, т/квартал.

На *третьем уровне* (цех, производство) оценка экономии электроэнергии производится для экономического стимулирования энергосбережения на предприятии, а также для формирования программ энергосбережения по цехам и производствам предприятия.

На уровне цеха, когда количество электроприемников достигает сотен или тысяч единиц, оценить экономию электроэнергии достаточно сложно. Экономия для цеха, структурного подразделения определяется на основе цехового электрического баланса планового и фактического расхода электроэнергии.

Составление электрического баланса предполагает учет влияния каждой единицы электрооборудования на суммарное электропотребление, а также однозначность определения режимов и продолжительности их работы. Расход электроэнергии каждым электроприемником определяется выражением:

$$W = k_{и} \cdot P_{уст} \cdot T \cdot n, \text{ кВт·ч/год}, \quad (3)$$

где $k_{и}$ — коэффициент использования установленной мощности оборудования, о.е.;

$P_{уст}$ — установленная мощность электроприемника, кВт;

T — число часов работы оборудования, ч/год;

n — количество однотипного оборудования, шт.

Коэффициент использования $k_{и}$, характеризующий загрузку оборудования по мощности и по времени, определяется либо по справочным материалам, либо по данным замеров. Значения $k_{и}$ в справочных материалах являются усредненными данными по группам однотипного технологического оборудования, поэтому определение $k_{и}$ по ним может внести значительную ошибку при составлении электрического баланса.

Другим фактором, определяющим погрешность при расчете электропотребления, является невозможность учета реально отработанного времени каждым электроприемником,

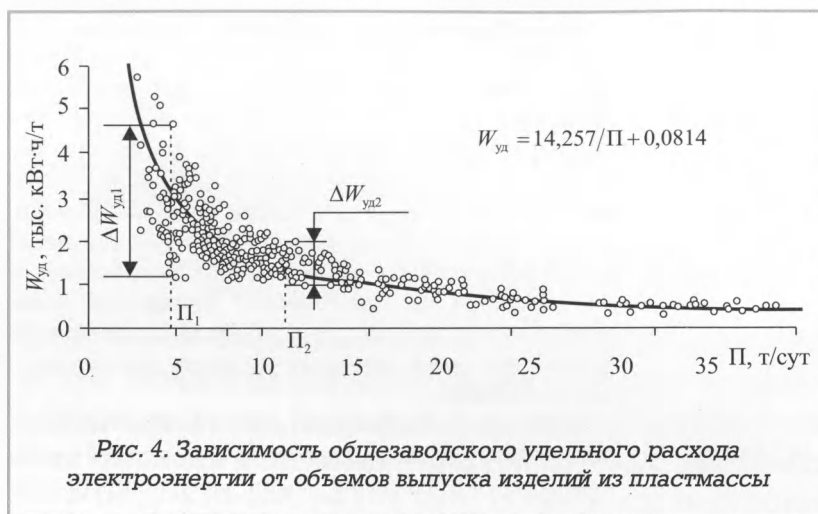


Рис. 4. Зависимость общезаводского удельного расхода электроэнергии от объемов выпуска изделий из пластмассы

причем вносимая погрешность увеличивается с ростом их количества.

Как и в случае технологической линии, экономия электроэнергии при данном подходе к ее оценке может оказаться выше ожидаемой, а может «раствориться» в общем электропотреблении, что определяется режимом работы цеха, структурного подразделения в отчетном периоде.

Цеховое электропотребление включает в себя как технологический расход электроэнергии, так и ее расход, не связанный с выпуском продукции (освещение, вентиляция и т.д.). На этом уровне удельный расход электроэнергии зависит также от характеристик сырья и параметров окружающей среды. На рисунке 3 видно, что вариация удельного расхода электроэнергии, зависящая от объемов выпуска продукции ($\Delta W_{уд1}$), как правило, превышает вариацию удельного расхода электроэнергии, зависящую от характеристик сырья и параметров окружающей среды ($\Delta W_{уд2}$). Соотношение этих вариаций зависит от технологических особенностей конкретного промышленного потребителя.

Если характеристики сырья и параметры окружающей среды незначительно влияют на расход электроэнергии, модель электропотребления является однофакторной, в которой в отличие от модели промышленного потребителя на втором уровне учитывается условно постоянная составляющая ($W_{общ}$, кВт·ч/квартал) расхода электроэнергии, не связанная непосредственно с производством продукции. Удельный расход электроэнергии ($W_{уд}$, кВт·ч/т) в данном случае имеет вид:

$$W_{уд} = W_{уд,техн} + \frac{W_{общ}}{\Pi}, \text{ кВт·ч/т}, \quad (4)$$

где $W_{уд,техн}$ — удельный технологический расход электроэнергии на производство продукции, кВт·ч/т.

Одним из возможных подходов к оценке экономии электроэнергии за отчетный период является разработка расчетно-статистической аддитивной многофакторной модели режимов электропотребления на основе суточной ретроспективной информации. В качестве независимых переменных в эту модель включаются все технологические факторы, значимо влияющие на режим электропотребления (объем выпуска продукции, параметры окружающей среды, характеристики сырья и другие). При обосновании факторов, включаемых в модель режимов электропотребления, необходимо учитывать мнение специалистов-технологов предприятия. На основе этой модели расход электроэнергии базисного периода приводится в сопоставимые условия с отчетным периодом путем подстановки в модель значений независи-

мых переменных, усредненных за отчетный период. При подсчете средних значений независимых переменных, целенаправленное воздействие на которые обеспечило экономию электроэнергии в отчетном периоде, данные переменные необходимо увеличивать (уменьшать) на величину целенаправленного воздействия. Экономия рассчитывается как разница между электропотреблением отчетного и базисного (в сопоставимых условиях) периодов. Найденная величина экономии будет характеризовать деятельность промышленных потребителей в области энергосбережения за весь отчетный период.

Экономия электроэнергии от проведения конкретного энергосберегающего мероприятия рассчитывается как разница между расчетными значениями электропотребления до и после проведения энергосберегающего мероприятия, направленного на изменение фактора f_i в сопоставимых условиях, когда $f'_i = f''_i$, $i \neq j$:

$$\Delta W = \beta_i \cdot (f'_i - f''_i) \cdot T, \text{ кВт·ч}, \quad (5)$$

где β_i — коэффициент регрессии при i -м факторе, кВт·ч/(сут·ед. изм.);

f'_i, f''_i — соответственно значения изменяющегося фактора до и после проведения энергосберегающего мероприятия, ед. изм.;

T — продолжительность рассматриваемого периода, сут.

На четвертом уровне (уровень промышленного потребителя) оценка экономии электроэнергии напрямую связана с управлением и планированием развития промышленного потребителя. Закономерности формирования экономии на четвертом уровне аналогичны третьему уровню, с той лишь разницей, что в расход электроэнергии, отнесенный к каждому виду продукции, добавляется часть общезаводских нужд (вспомогательные цехи, заводоуправления, складские помещения, ремонтно-механические цехи и другие). Соответственно, и подходы к оценке экономии электроэнергии для третьего уровня могут быть использованы для четвертого уровня.

Вариация удельного расхода электроэнергии на выпуск продукции (как за счет изменения объемов выпуска продукции, так и за счет изменения характеристик сырья и параметров окружающей среды) в рамках предприятия значительно увеличивается по сравнению с вариацией удельного расхода в рамках цеха (рис. 3) и для рассматриваемого предприятия при объеме выпуска продукции Π_1 изменяется от 1,2 до 4,8 тыс. кВт·ч/т. Это объясняется увеличением доли условно постоянного расхода электроэнергии в общезаводском электропотреблении по сравнению с долей условно постоянного расхода электроэнергии в общецеховом электропотреблении (рис. 4).

Четвертый уровень является основным, поскольку именно по нему осуществляется взаимодействие промышленных потребителей с органами государственного управления, энергоснабжающими организациями. Он отчетный, лимитируемый, контролируемый. По четвертому уровню все промышленные потребители обладают достоверной информацией о показателях хозяйственной деятельности, включая сведения о выпуске продукции, расходе электроэнергии и т.д. Именно на этом уровне принимаются важнейшие решения по управлению энергетической эффективностью.

(Окончание следует.)