

Расчетно-статистические модели режимов потребления электроэнергии как основа нормирования и оценки энергетической эффективности

Необходимым прямым и косвенным инструментом государственной политики энергосбережения является механизм нормирования расхода топлива и энергии для технических процессов, установок, продукции [1]. Нормирование потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), с одной стороны, необходимо для определения энергетической составляющей затрат в структуре себестоимости продукции (при калькуляции себестоимости), а с другой стороны — для оценки эффективности использования ТЭР. Нормирование расхода ТЭР является одним из элементов экономической части политики энергосбережения, способствует устранению неэффективного использования ТЭР и внедрению энергосберегающих мероприятий, призвано регулировать деятельность промышленных потребителей в области энергосбережения.

Нормирование — это путь определения объемов потребления ТЭР, формирования перспективного топливного баланса, так как именно нормы всегда являлись рычагом воздействия на потребителя и стимулятором экономии энергоресурсов. Кроме того, система нормирования строилась по принципу «от достигнутого» и была направлена на снижение удельных норм. Так, для предприятий с широкой номенклатурой выпускаемой продукции нормы расхода ТЭР устанавливались на 1000 рублей продукции (валовой, товарной или нормативно-чистой). Поскольку стоимостная единица измерения продукции практически не связана с ее энергоемкостью и сильно подвержена влиянию неэнергетических и нетехнологических факторов, то и норма, и фактические удельные расходы ТЭР отличались до нескольких десятков процентов.

Для предприятий со сложными технологическими комплексами нефтяной, химической, металлургической промышленности, где существует множество «внутренних» и «внешних» факторов, определяющих и дестабилизирующих режим потребления ТЭР, разрабатывались методы построения и модели режимов энергопотребления от влияющих факторов. С помощью моделей производилось как прогнозирование, так и нормирование расхода ТЭР. Для большинства же промышленных потребителей проблема нормирования ТЭР стала острой при переходе к рыночным условиям функционирования, когда появились сложности со сбытом продукции и поставками сырья («внешние» дестабилизирующие факторы), то есть потребители перешли в режим «постоянно изменяющейся производственной программы».

Так, в 1990-х гг. при серьезном уменьшении объемов выпуска продукции, что было связано с распадом СССР, электропотребление большинства предприятий снижалось лишь на десятки процентов. Это объясняется тем, что в структуре электропотребления можно выделить условно-постоянную часть, которая напрямую не связана с технологией и слабо зависит от выпуска продукции, и технологическую часть, зависящую от объемов выпуска продукции. К первой относятся потребители вспомогательных производств: ремонтно-механические, электроремонтные цеха, административные здания, складские помещения, а также освещение и вентиляция производственных цехов. Условно-постоянная часть для промышленных пред-

приятий зависит от отрасли и достигает 50–60% в легкой промышленности и машиностроении. При снижении объемов производства в первую очередь снижается технологическая часть, а условно-постоянная остается практически неизменной. В результате удельные расходы ТЭР при снижении объемов производства возросли не на десятки процентов, а в несколько раз. В условиях постоянно изменяющейся производственной программы нормы расхода ТЭР для предприятий необходимо устанавливать не одним значением, пусть даже и дифференцированным по кварталам года, а некоторым диапазоном значений, зависящим от объема выпуска продукции. При этом удельные расходы ТЭР на единицу продукции тем меньше, чем больше объемы выпуска.

Анализ современного состояния системы нормирования для 200 предприятий одной из областей республики показал, что **основным методом для расчета удельных расходов ТЭР на выпуск продукции является расчетно-аналитический. При этом у 92% потребителей анализируемых отчетов по расчету удельных расходов ТЭР зафиксировано, что нормы выполнены без учета возможного изменения объемов выпускаемой продукции.** Количество видов выпускаемой продукции колеблется по предприятиям от 1 до 15, составляя в среднем по 4 вида. Это обстоятельство приводит к тому, что более 50% предприятий вынуждены ежеквартально корректировать утвержденные нормы расхода ТЭР на выпускаемую продукцию в связи с изменениями производственной программы.

Вместе с тем неоспоримым является преимущество расчетно-статистических моделей режимов потребления ТЭР от влияющих факторов, поскольку основу построения моделей составляют статистические данные, которые не оторваны от действительности и имели место быть. А в зависимости от организации системы учета ТЭР дискретизация статистики может варьироваться от месячной и квартальной до суточной. Использование суточной статистики позволяет улучшить качество моделирования режимов электропотребления у предприятий со сложной динамической технологической системой, состоящей из нескольких подсистем.

Функционирование таких сложных и больших (по количеству элементов) систем определяется характером взаимосвязей между ее подсистемами, а также внешними и внутренни-

ми «возмущающими» воздействиями. При решении задач нормирования, энергетического аудита не учитывается, что технологическая система предприятия как объект управления не является простой суммой входящих в него структур, а имеет свои индивидуальные свойства и закономерности развития, отличные от закономерностей функционирования отдельных подсистем и элементов, входящих в систему.

Учет указанных особенностей предприятий возможен посредством разработки многофакторных математических моделей режимов электропотребления и создания на их основе системы прогнозирования, нормирования, аудирования, оценки показателей энергетической эффективности. У большинства же промышленных предприятий технологическая система (малая, средняя, большая), формирующая режим потребления ТЭР независимо от количества входящих в нее элементов, является простой, и характеристикой, описывающей такую систему, является объем выпущенной продукции. Для таких систем строится однофакторная математическая модель удельного или общего расхода электрической энергии в зависимости от объемов произведенной продукции, что позволяет:

- производить расчет плановой потребности ТЭР в условиях изменяющейся производственной программы;
- выполнять анализ существующих режимов и оценивать их энергоэффективность;
- оценивать потенциал энергоэффективности за счет повышения загрузки технологического оборудования и наращивания объемов выпуска продукции;
- алгоритмизировать процесс разработки норм расхода ТЭР.

Рассмотрим теоретические аспекты, составляющие основу построения и анализа расчетно-статистических математических моделей режимов электропотребления для предприятий с простой организацией технологической структуры.

В соответствии с «Положением о нормировании расходов, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь» [2] общезаводской удельный расход электрической энергии на производство продукции определяется выражением

$$C_{\text{уд}} = \frac{W}{\Pi} = \frac{W_{\text{техн}} + W_{\text{общ}}}{\Pi}, \quad (1)$$

где W — объем потребленной ЭЭ при производстве продукции Π , который складывается из технологической составляющей $W_{\text{техн}}$, зависящей от выпуска продукции, и условно-постоянной составляющей $W_{\text{общ}}$, не зависящей от объемов производства продукции.

Поскольку технологическое потребление ЭЭ зависит только от объемов производства, то его можно определить выражением

$$W_{\text{техн}} = C_{\text{уд, техн}} \cdot \Pi, \quad (2)$$

где $C_{\text{уд, техн}}$ — технологический удельный расход ЭЭ, который для большинства ПП является неизменным.

Таким образом, общезаводской удельный расход ЭЭ на производство продукции можно определить по формуле

$$C_{\text{уд}} = \frac{C_{\text{уд, техн}} \cdot \Pi}{\Pi} + \frac{W_{\text{общ}}}{\Pi} = C_{\text{уд, техн}} + \frac{W_{\text{общ}}}{\Pi}. \quad (3)$$

Очевидно, что при неизменном $C_{\text{уд, техн}}$ зависимость $C_{\text{уд}} = f(\Pi)$ будет иметь гиперболический характер (рис. 1).

Из рис. 1, видно, что для одного и того же предприятия $C_{\text{уд}}$ изменяется в широких диапазонах при изменении объемов производства продукции. Так, если предприятие за отчетный период выпустило продукцию в объеме Π_1 , то удельный рас-

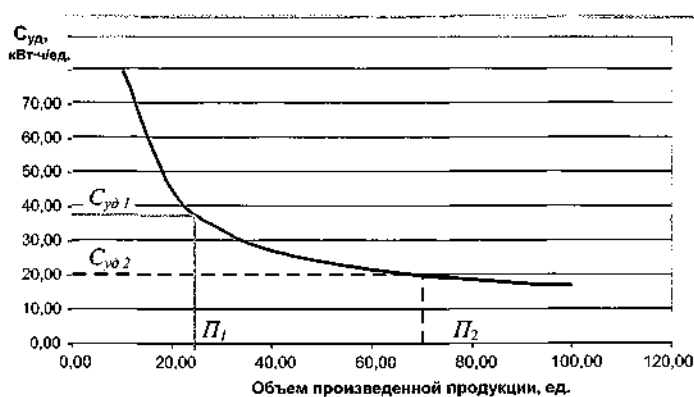


Рис. 1. Расчетно-статистическая модель зависимости $C_{\text{уд}} = f(\Pi)$

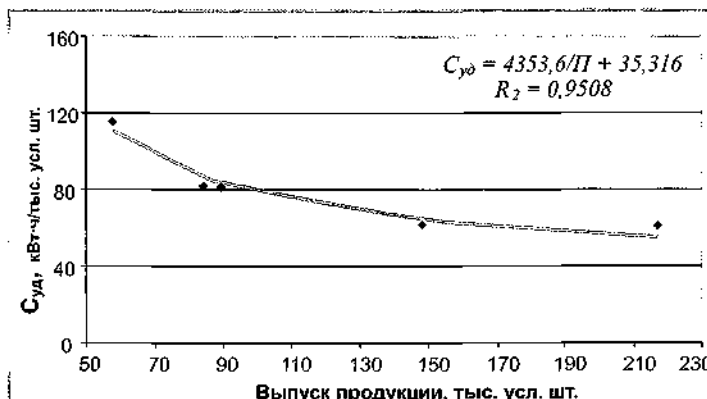


Рис. 2. Зависимость $C_{\text{уд}} = f(\Pi)$ для промышленного предприятия, специализирующегося на выпуске мебельной фурнитуры

ход ЭЭ на ее выпуск составит соответственно $C_{\text{уд}1}$. В следующем году при увеличении объема выпуска продукции до Π_2 удельный расход $C_{\text{уд}2}$ окажется более чем в два раза ниже по сравнению с предыдущим годом и предприятие улучшит показатель энергоэффективности несмотря на то, что мероприятия по энергосбережению не проводились. Обратная ситуация случается при снижении объемов производства, когда удельный расход ЭЭ увеличивается и предприятие ухудшает показатель энергоэффективности.

Для ряда предприятий различных отраслей промышленности были произведены исследования зависимостей удельного расхода ЭЭ на производство продукции от объемов производства. С использованием месячной статистической информации о выпуске продукции и потреблении ЭЭ были построены регрессионные модели $C_{\text{уд}} = f(\Pi)$, имеющие гиперболический характер (рис. 2).

Так, для промышленного предприятия, специализирующегося на выпуске мебельной фурнитуры, при построении зависимости вида (3) коэффициент детерминации R^2 превысил значение 0,95, что свидетельствует о высоком качестве модели. Полученная модель позволяет достоверно определять значение удельного расхода ЭЭ при различных объемах выпуска продукции, а параметры уравнения представляют собой не что иное как технологический расход ЭЭ на производство продукции $C_{\text{уд, техн}} = 35,3$ кВт·ч/тыс. усл. шт. и постоянную составляющую потребления ЭЭ, не зависящую от объемов производства $W_{\text{общ}} = 4353,6$ кВт·ч.

Продолжение следует

Литература

1. Закон Республики Беларусь об энергосбережении. — Мн., 1999.
2. Положение о нормировании расхода топлива, тепловой и элетрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь. — Мн., 2002.