

УДК 658.511.2

А.В. Гринев, О.В. Новикова, С.В. Лозовский

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОРМИРОВАНИЯ
ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

A.V. Grinev, O.V. Novikova, S.V. Lozovski

**IMPROVING REGULATION OF ENERGY CONSUMPTION
IN INDUSTRIAL ENTERPRISES**

Доказывается актуальность нормирования потребления ТЭР. Рассматриваются методы нормирования потребления ТЭР, в частности комбинированный метод построения энергетической характеристики объекта нормирования и экономический эффект от его использования.

КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА. НОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ. ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ.

The relevance of the rationing of fuel and energy resources. Methods of rationing of fuel and energy resources. The combined method of building energy characteristics of the object of regulation. The economic effect of using combined method of building energy characteristics.

COMBINED METHOD. ENERGY CONSUMPTION. RATIONING CHARACTERISATION. FUEL AND ENERGY RESOURCES. INDUSTRIAL ENTERPRISES.

Качество планирования топливно-энергетических балансов региона, потребностей в энергетических ресурсах отдельных промышленных предприятий и оценки эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) предприятием напрямую зависит от нормирования расхода энергоресурсов [1, 2].

Важность задачи нормирования подтверждается включением в международном стандарте энергетического менеджмента ISO 50001 удельной нормы потребления ТЭР как одного из основных показателей энергетической эффективности (EnPIs). Методы, используемые для определения и обновления EnPIs [3], должны быть задокументированы, однако их выбор стандарт оставляет на усмотрение организации.

Вопросы нормирования ТЭР в СССР (РФ) рассматривались многими учеными: В.И. Вейцом,

И.В. Гофманом, А.А. Тайцем, Г.Я. Вагиной, Б.А. Константиновым, Г.Л. Багиевым, В.Т. Мелехиным. На сегодняшний день сложилось три метода определения норм расхода ТЭР: опытный, отчетно-статистический, расчетно-аналитический (нормативный) [4, 5]. В основе этих методов лежит энергетическая характеристика объекта нормирования, необходимость использования которой сформулирована в работах И.В. Гофмана и А.А. Тайца [6, 7].

Энергетическая характеристика (ЭХ) объекта – комплекс зависимостей номинальных и исходно-номинальных значений технико-экономических показателей его работы в абсолютном, удельном или относительном исчислении от нагрузки или других нормообразующих показателей при фиксированных значениях внешних факторов [8].



Рис. 1. Методы построения ЭХ

ЭХ может выражать как функциональную связь между расходом энергии и той или иной переменной величиной, так и соответствующую статистическую связь [7].

Функциональную связь можно установить либо расчетным путем, либо на основе специально подготовленных испытаний. Для выявления статистических связей пользуются учетными данными, а также проводят достаточно большое число сокращенных испытаний (замеров) [7].

Различают опытный, расчетный и смешанный методы построения ЭХ [7], рис. 1.

Современное развитие систем автоматизированного управления технологическим процессом (АСУ ТП) и учета потребления энергоресурсов позволило разработать метод, учитывающий связь энергопотребления со структурой и режимом работы производства – *комбинированный метод* построения ЭХ (см. рис. 1 и таблицу). Это наиболее актуально для промышленных предприятий, на которых внедрение современных систем автоматического управления технологическим процессом и учета потребления энергетических ресурсов осуществлено по технологическим причинам и не требует дополнительных капиталовложений (это химические, нефтехимические, нефтеперерабатывающие предприятия и т. п.).

Основным отличием комбинированного метода от существующих является использование им данных как энергоучета, так и АСУ ТП.

Комбинированный метод, сочетая в себе достоинства опытного и расчетного методов, позволяет производить построение ЭХ для расчета дифференцированных норм, используя статистические данные, собираемые системами учета предприятия, с меньшей трудоемкостью, чем опытный, и большей точностью, чем расчетный метод. Это достигается за счет разделения всего энергопотребляющего оборудования на группы – энергетические профили (ЭПр) и обработка статистических данных о потреблении ТЭР предприятием с учетом работы того или иного ЭПр, что позволяет производить построение ЭХ и расчет норм с детализацией выше, чем существующая на предприятии система учета потребления ТЭР [9]. К примеру, система учета потребления ТЭР определяет энергопотребление цеха ЦГФУ ООО «Тобольск-нефтехим». Цех состоит из двух технологических линий, работой которых управляет АСУ ТП, которая в режиме реального времени предоставляет данные о состоянии технологической линии (вкл/выкл) с использованием комбинированного метода построены ЭХ технологических линий 1 и 2 цеха ЦГФУ.

Энергетический профиль (ЭПр) – перечень энергопотребляющего оборудования, необходимый и достаточный для выполнения производственной задачи.

Система учета потребления ТЭР предприятия обеспечивает сбор данных по потреблению

Методы построения энергетической характеристики объекта нормирования

Метод построения ЭХ	Достоинства	Недостатки
Опытный	Высокая точность	Большое число натуральных испытаний, в том числе и на экономически не выгодных режимах. Не учитывает изменения в составе оборудования
Расчетный	Высокая детализация расчета (агрегат-операция)	Большой объем исходных данных. Высокая трудоемкость построения ЭХ. Не учитывает техническое состояние оборудования. Сложность определения энергопотребления оборудования на холостом ходу
Смешанный	Учитывает изменения в составе и режимах работы оборудования	Большой объем исходной информации, для сбора которой необходима автоматизированная система технического учета технологических параметров. Техническое состояние энергопотребляющего оборудования считается неизменным
Комбинированный	Высокая точность. Простота расчета ЭХ. Учитывает изменения в составе, режимах работы и техническом состоянии оборудования	Автоматическое определение состояния определяющего энергетический профиль оборудования (включено/выключено)

ТЭР-производством, которое может быть представлено набором ЭПр. Для каждого ЭПр можно выделить факторы, влияющие на потребление ТЭР (нагрузка, состав сырья, температура окружающего воздуха и т. п.).

Численные значения факторов вместе с энергопотреблением им соответствующим являются статистическим портретом ЭПр. Обработка данных в комбинированной модели позволяет определить зависимость потребления ТЭР i -го ЭПр ($E_{ЭПрi}$) при расчетных значениях, влияющих на энергопотребление факторов (Φ), т. е. построить ЭХ:

$$E_{ЭПрi} \rightarrow f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n).$$

Определить, какой метод построения ЭХ предпочтителен для того или иного объекта, исходя из возможностей системы управления технологическим процессом (ТП) и системы учета потребления ТЭР, возможно по алгоритму выбора метода построения ЭХ, представленному на рис. 2.

Для нефтехимического предприятия ООО «СИБУР Холдинг» – ООО «Тобольск-нефтехим» использован алгоритм и произведен

расчет нормы потребления энергоресурсов расчетно-аналитическим методом нормирования с использованием комбинированного метода построения ЭХ.

Экономический эффект от использования комбинированного метода построения ЭХ достигается за счет повышения точности и снижения трудоемкости расчетов прогрессивной нормы энергопотребления. Повышение точности определения нормы энергопотребления, в свою очередь, оказывает влияние на своевременность и качество принятия решений в управлении предприятием (планирование бизнес-процессов, прогнозирование поставок, минимизация затрат, внутренний аудит и т. д.).

До 50 % в цене произведенной продукции нефтехимическими, химическими, нефтеперерабатывающими предприятиями составляют затраты на энергоресурсы. Использование комбинированного метода построения ЭХ при анализе и планировании бизнес-процессов предприятия позволяет производить оперативную и перспективную оптимизацию энергопотребления, что при условии значительной энергоемкости производств снижает себестоимость производства продукции.

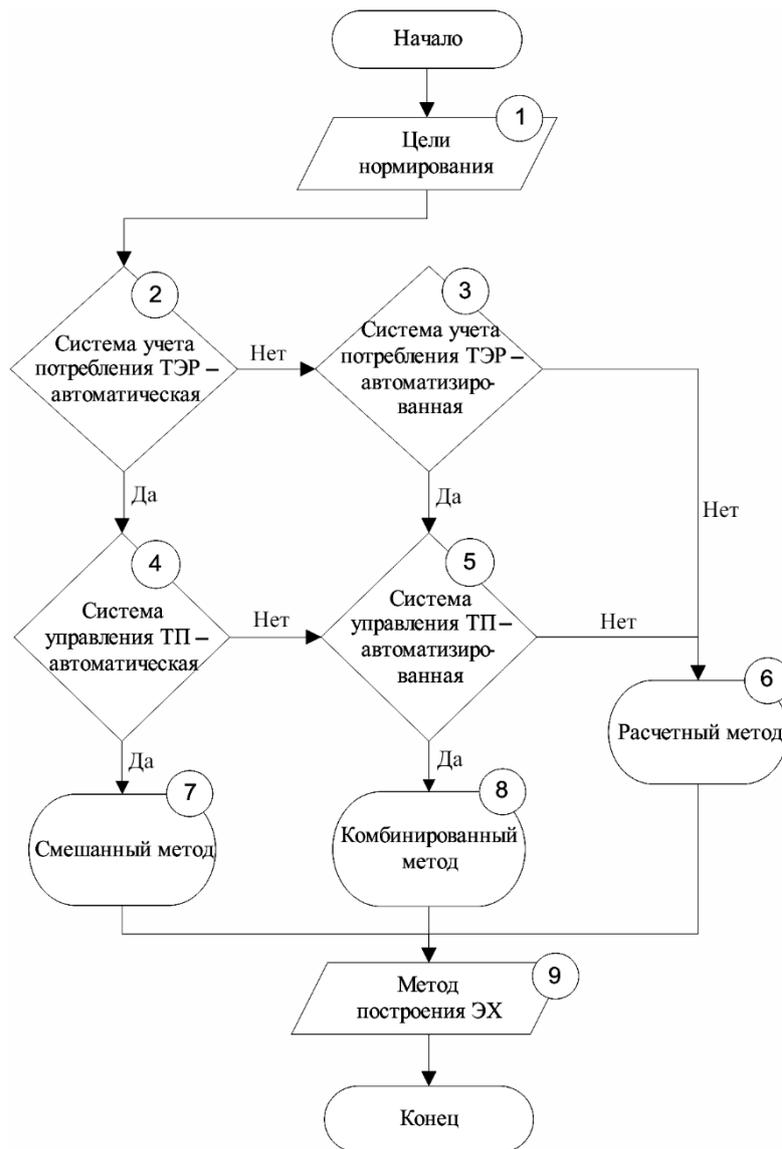


Рис. 2. Алгоритм выбора метода построения ЭХ

Примечание. Автоматизированная система (АС) – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [10]. Автоматическая система управления (АСУ) – система управления без участия человека.

Частными решениями (1) в этом случае могут быть:

- определение состава оборудования ($ЭПр_i$) при условии минимального энергопотребления ($E_{ЭПр_i}$) и фиксированных значений факторов в конкретный момент времени (оперативная оптимизация)
- определение минимального энергопотребления ($E_{ЭПр_i}$) при различных составах оборудования

и значениях факторов с учетом графиков плановых остановов на техническое обслуживание оборудования, ритмичности поставок сырья и отгрузки готовой продукции (перспективная оптимизация).

Оперативная оптимизация позволяет выбрать наиболее энергетически эффективный набор энергопотребляющего оборудования для выполнения конкретной производственной задачи

(выбор энергетического профиля при известных значениях факторов влияющих на энергопотребление). Задача актуальна для определения энергопотребления в часы максимума нагрузки и предупреждения в режиме реального времени перерасхода ТЭР в производственном процессе.

Перспективная оптимизация позволяет определить наиболее энергетически эффективные параметры производства (значения влияющих факторов) и набор энергопотребляющего оборудования (энергетический профиль) по одному или нескольким параметрам оптимизации. Задача актуальна при формировании бюджета предприятия.

Международный стандарт энергетического менеджмента ISO 50001 сегодня активно внедряемый на отечественных промышленных предприятиях, определяет ответственность высшего руководства организаций в вопросе эффективного потребления энергии. Высшее руководство должно не только задекларировать необходимость повышения энергоэффективности, но и предоставить ресурсы (материальные, технические, информационные и т. д.), необходимые для достижения поставленных целей, а также обеспечить возможность измерения достигнутых результатов и предоставления сведения о них [3].

С использованием комбинированного метода построения ЭХ при расчете прогрессивной удельной нормы для текущих параметров производства определяется объективная научно-обоснованная величина энергопотребления производства. Сравнение ее с фактическим энергопотреблением обеспечивает в режиме реального времени анализ эффективности работы производства, в том числе действий оперативного персонала, мотивируя его на повышение личной ответственности в энергосбережении и достижении максимальных результатов энергоэффективности на рабочем месте.

Практической реализацией результатов исследования стала работа по совершенствованию элементов системы энергоменеджмента для ООО «Тобольск-нефтехим». Разработана методика расчета прогрессивных удельных норм энергопотребления, предложены частные алгоритмы расчета, основанные на комбинирован-

ном методе построения ЭХ объекта нормирования:

- прогнозируемого значения часового и суточного потребления электроэнергии для покупки электроэнергии на оптовом рынке;
- оценки эффективности энергопотребления для мониторинга и определения в режиме реального времени эффективности энергопотребления производствами предприятия;
- оптимизации энергопотребления.

На основании предложенных алгоритмов нами разработана информационно-аналитическая система «Управление энергопотреблением предприятия» (ИАС) [11]. ИАС предназначена для автоматизации функций управления энергопотреблением предприятия. Ее использование позволяет сократить трудозатраты на нормирование и анализ энергопотребления, уменьшить риск возможной ошибки расчета и анализа, обусловленный человеческим фактором, производить мониторинг и оценку эффективности потребления ТЭР производствами (процессами) и предприятием в целом, определять факторы, влияющие на энергопотребление, оценивать степень их влияния, оптимизировать затраты на энергопотребление предприятия.

Расчет экономической эффективности использования комбинированного метода построения ЭХ при нормировании потребления электрической энергии выполнен для производств бутадиена и изобутилена ООО «Тобольск-нефтехим».

Для расчетного месяца экономия составила 261,977 тыс. кВт·ч, что при уровне нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность), поставляемую потребителям (покупателям) гарантирующего поставщика ОАО «Тюменьэнергосбыт», составляет 576,611 тыс. р.

Трудозатраты на процесс нормирования сократились на 234 н.ч. в месяц, что составляет 48,75 тыс. р.

Таким образом, использование комбинированного метода построения ЭХ при нормировании энергопотребления на предприятиях с внедренными современными системами управления технологическим процессом и учета энергопотребления позволяет получить экономический эффект за счет сокращения потребления энергетических ресурсов и сокращения трудозатрат на процесс нормирования.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года [Текст] : Федер. целевая программа. М.: ГУИЭС, 2001.
2. Экономика и управление энергосбережением [Текст] : учеб. пособие [с грифом УМО] / Кузнецов Е.П., Новикова О.В., Дяченко А.С. 2-е изд. СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2011. С. 600.
3. ISO 50001. Международный стандарт энергетического менеджмента [Текст].
4. **Гринев, А.В.** Анализ существующих и перспективных методов нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии [Текст] / А.В. Гринев // Промышленная энергетика. 2012. № 3.
5. **Гринев, А.В.** Эволюция системы нормирования ТЭР предприятия [Текст] / А.В. Гринев // Электрика. 2009. № 4. С. 23–26.
6. **Тайц, А.А.** Методика нормирования удельных расходов электроэнергии [Текст] / А.А. Тайц. М.: Госэнергоиздат, 1946.
7. **Гофман, И.В.** Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий [Текст] / И.В. Гофман. М.: Энергия, 1966.
8. РД 153-34.0-09.154–99. Положение о нормировании расхода топлива на электростанциях [Текст].
9. **Гринев, А.В.** Организация нормирования потребления топливно-энергетических ресурсов на промышленном предприятии [Текст] / А.В. Гринев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2012. № 1. С. 25–27.
10. ГОСТ 34.003–90. Автоматизированные системы. Термины и определения [Текст].
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012611134 [Текст].

REFERENCES

1. Energeticheskaia strategiiia Rossii na period do 2020 goda : Feder. tselevoiia programma. M.: GUIES, 2001. (rus)
2. Ekonomika i upravlenie energosberezheniem : ucheb. posobie [s grifom UMO]. Kuznetsov E.P., Novikova O.V., Diachenko A.S. 2-e izd. SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2011. S. 600. (rus)
3. ISO 50001. Mezhdunarodnyi standart energeticheskogo menedzhmenta. (rus)
4. **Grinev A.V.** Analiz sushchestvuiushchikh i perspektivnykh metodov normirovaniia potrebleniia toplivno-energeticheskikh resursov na promyshlennom predpriatii. *Promyshlennaia energetika*. 2012. № 3. (rus)
5. **Grinev A.V.** Evoliutsiia sistemy normirovaniia TER predpriatii. *Elektrika*. 2009. № 4. S. 23–26. (rus)
6. **Taits A.A.** Metodika normirovaniia udel'nykh rashodov elektroenergii. M.: Gosenergoizdat, 1946. (rus)
7. **Gofman I.V.** Normirovanie potrebleniia energii i energeticheskie balansy promyshlennykh predpriatii. M.: Energiia, 1966. (rus)
8. RD 153-34.0-09.154–99. Polozhenie o normirovanii rashoda topliva na elektrostantsiakh. (rus)
9. **Grinev A.V.** Organizatsiia normirovaniia potrebleniia toplivno-energeticheskikh resursov na promyshlennom predpriatii. *Aktual'nye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2012. № 1. S. 25–27. (rus)
10. GOST 34.003-90. Avtomatizirovannye sistemy. Termíny i opredeleniia. (rus)
11. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM № 2012611134. (rus)

ГРИНЕВ Андрей Викторович – соискатель Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

191119, ул. Днепропетровская, д. 31, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: grinef@mail.ru

GRINEV Andrey V. – St. Petersburg State Polytechnical University.

191119, Dnepropetrovskaya str. 31. St. Petersburg. Russia. E-mail: grinef@mail.ru

НОВИКОВА Ольга Валентиновна – доцент кафедры «Экономика и менеджмент на предприятиях энергетики и природопользования ФЭМ» Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: novikova-olga1970@yandex.ru

NOVIKOVA Olga V. – St. Petersburg State Polytechnical University.

195251, Politekhnikeskaya str. 29. St. Petersburg. Russia. E-mail: novikova-olga1970@yandex.ru

ЛОЗОВСКИЙ Сергей Владимирович – главный специалист Центрального конструкторского бюро морской техники «Рубин».

191119, ул. Днепропетровская, д. 31, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: graduated01@yandex.ru

LOZOVSKI Sergey V. – Central Design Bureau for Marine Engineering «Rubin».

191119, Dnepropetrovskaya str. 31. St. Petersburg. Russia. E-mail: graduated01@yandex.ru
