

УДК 658.26

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЕКТАХ

**Насыров О.М.**

*ФГУП (АТУ) ФСБ РФ, Москва, e-mail: palmira57@inbox.ru*

Энергосберегающие мероприятия на промышленных предприятиях направлены на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов для производства продукции, выполнения работ и оказания услуг. Решение задачи эффективного управления энергосбережением осуществляется путем моделирования процессов управления энергосбережением в проектах в условиях неопределенности и недостоверности информации на основе оценки эффективности энергосберегающих мероприятий и технологий и поиска допустимых управляющих воздействий, при которых показатели эффективности проекта достигают своих максимальных значений с учетом влияния внешней среды и при заданных ограничениях. Совокупность мероприятий по повышению энергоэффективности на промышленных предприятиях направлены на сокращение объема энергоресурсов, используемых для производства продукции, выполнения работ и услуг. Эффективное решение проблемы управления энергосбережением осуществляется путем моделирования процессов управления энергосбережением в проектах в условиях неопределенности и недостоверности информации на основе оценки эффективности энергосберегающих мероприятий и технологий и поиска допустимых управляющих воздействий, в соответствии с которыми показатели эффективности проекта достигают своих максимальных значений при воздействии внешней среды и данных ограничений.

**Ключевые слова:** энергосбережение, управление энергосбережением, оценка эффективности, показатели эффективности, моделирование и прогнозирование

## ANALYSIS AND PERFORMANCE EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY IN THE INDUSTRIAL PROJECTS

**Nasyrov O.M.**

*FSUE (ATB) Russian FSB Russia, Moscow, e-mail: palmira57@inbox*

Energy efficiency measures in industrial enterprises aimed at reducing the volume of energy resources used for the production of products, performance of works and services. Effective solution to the problem of energy conservation management is carried out by simulating the processes of energy conservation management in projects under conditions of uncertainty and unreliability of information on the basis of evaluation of the effectiveness of energy-saving measures and technologies and search admissible control actions, under which project performance indicators reach their maximum values for the effects of the external environment and for given limitations. Energy efficiency measures in industrial enterprises aimed at reducing the volume of energy resources used for the production of products, performance of works and services. Effective solution to the problem of energy conservation management is carried out by simulating the processes of energy conservation management in projects under conditions of uncertainty and unreliability of information on the basis of evaluation of the effectiveness of energy-saving measures and technologies and search admissible control actions, under which project performance indicators reach their maximum values for the effects of the external environment and for given limitations.

**Keywords:** energy saving, power management, performance evaluation, performance indicators, modeling and forecasting

Энергосберегающие мероприятия на промышленных предприятиях обеспечивают реализацию организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при условии сохранения объема произведенной продукции, выполненных работ, оказанных услуг [6].

Управление энергосбережением осуществляется путем реализации промышленных проектов, целью которых является достижение максимальной энергетической эффективности. Оценка эффективности управления проектом производится в результате контроля и измерения энергосбережения на каждом этапе функционирования проекта по показателю, равным отношению между достигнутыми или ожидаемыми результатами управления и затраченными

ресурсами на формирование и функционирование этих управляющих воздействий. Оптимизация управления энергосберегающими проектами направлена на достижение максимальной эффективности проекта и состоит в нахождении из множества возможных вариантов управления при заданных ограничениях и с учетом внешних воздействий таких допустимых управляющих воздействий, которые будут иметь максимальные показатели эффективности.

Оптимальное управление энергосберегающими проектами на промышленных предприятиях осуществляется с помощью надлежащего выбора на этапах проектирования и реализации энергосберегающих мероприятий и энергоэффективных технологий, представляющих собой совокупность методов, операций, приемов, этапов и пр., последовательное осуществление которых

обеспечивает решение поставленной задачи энергосбережения.

На практике при формировании управляющих воздействий необходимо учитывать неполноту и искажение информации о состоянии объекта управления; воздействие внешних факторов на объект; невозможность проанализировать все возможные варианты управления для достижения максимального критерия эффективности.

Решение задачи эффективного управления энергосбережением должно осуществляться путем моделирования проекта в условиях неопределенностей различной природы, неполноты и неточности информации о процессах в промышленных проектах, а также недостаточности и недостоверности знаний для оценок их параметров и характеристик. Моделирование процессов управления энергосбережением в проектах должно осуществляться на основе оценки эффективности энергосберегающих мероприятий и технологий и поиска таких допустимых управляющих воздействий, при которых показатели эффективности проекта достигают своих максимальных

значений с учетом влияния внешней среды и при заданных ограничениях.

Жизненный цикл энергосберегающего промышленного проекта состоит из следующих этапов:

- энергетический аудит, целью которого является обследование текущего состояния рассматриваемой энергосистемы и потенциал возможного повышения ее энергетической эффективности;
- разработка и планирование, в результате которого формируются мероприятия и технологии с учетом их энергоэффективности с целью достижения заданных целевых показателей по энергосбережению;
- реализация проекта (оценка эффективности выбранных мероприятий);
- завершение проекта (корректировка и/или дополнение выбранных групп мероприятий с целью достижения целевых показателей в ходе реализации энергосберегающего промышленного проекта).

Состав математической модели, необходимый для описания управления энергосбережением в проектах представлен в таблице.

Состав математической модели управления энергосбережением в промышленных проектах

Этапы жизненного цикла проекта	Процедуры, входящие в состав математической модели
Этап инициации	Оценка текущего состояния исследуемого объекта по потреблению энергии и возможного потенциала повышения его энергетической эффективности
Этап разработки и планирования	Прогнозирование количественных оценок характеристик и параметров проекта, энергосберегающих мероприятий и энергоэффективных технологий. Осуществляется решение задачи выбора мероприятий и технологий с максимальными показателями эффективности на основе этих количественных оценок и с учетом заданных целевых показателей проекта по энергосбережению
Этап реализации	Сравнение достигнутых результатов и целевых показателей в ходе реализации энергосберегающего проекта. В случае невыполнения целевых показателей выбранная группа мероприятий и технологий корректируется и/или дополняется с учетом значений их показателей эффективности и внешних условий
Завершающий этап	Окончательный расчет показателя эффективности управления энергосберегающими проектами с учетом утилизации мероприятий и технологий

В ходе моделирования управления энергосбережением следует предусмотреть возможность прогнозирования количественных оценок характеристик и параметров проекта на каждом этапе его жизненного цикла. Для корректного моделирования вероятностных и нечетких процессов проекта, рисков и неопределенностей влияния внешней среды необходимо использовать в составе модели методы теории вероятностей и процедуры теории нечетких множеств [7]. Причем выбор вероятностной или нечеткой модели описания процессов

зависит от характера представления исходных и текущих параметров энергосберегающего проекта. Для описания частичного отсутствия информации о состояниях процессов промышленных проектов и внешней среды применяются нечеткие параметры. При наличии технических, технологических и экономических рисков параметры процессов целесообразно представлять в виде вероятностных величин. Следовательно, целевые показатели по энергосбережению для каждого этапа проекта задаются в форме вероятностных, или нечетких

значений. Для решения задачи оценки показателей эффективности управления проектом целесообразно моделировать в виде связанного ориентированного графа, когда в ходе моделирования осуществляется задание параметров энергосберегающих мероприятий и технологий (время выполнения и вероятность перехода между вершинами графа, технологические, технико-экономические и социально-экологические результаты), а также целевых показателей. Такой ориентированный граф взвешен значениями параметров энергосберегающих процессов мероприятий и технологий проекта [5].

Эффективность управления энергосберегающими проектами в промышленности оценивается по технико-экономическим и социально-экономическим показателям. В свою очередь социально-экономические показатели разделены на экономические и социально-экологические показатели. Оценка эффективности по экономическим показателям подробно рассмотрена в [4].

Процесс оценки эффективности управления энергосберегающими проектами в промышленности по технико-экономическим и социально-экологическим показателям иллюстрируется на рисунке.



*Оценка эффективности управления энергосберегающими проектами*

Анализ показателей энергосбережения характеризует деятельность предприятия по реализации мероприятий, направленных на эффективное использование и экономное расходование топливно-энергетических ресурсов на всех стадиях жизненного цикла проекта, которое может быть осуществлено в результате:

- фактической экономии топливно-энергетических ресурсов;
- снижения потерь топливно-энергетических ресурсов за счет оптимизации промышленных процессов, энергопотребления;
- проведения энергосберегающих мероприятий;
- снижения энергоёмкости производства продукции за счет внедрения менее энергоёмких схем энергообеспечения;
- использования вторичных энергоресурсов;
- реализации проектов энергосбережения,

– реализации энергосберегающих технологий и т.д. [2]; и оценивается по показателям, характеризующим расходы на энергосберегающие мероприятия и энергоёмкость выпускаемой продукции.

Ограничение расходов на использование энергосберегающих мероприятий и технологий имеет вид:

$$\sum_{i=1}^N z_i \cdot t_i \leq Z, \quad (1)$$

где  $z_i$  – расходы, необходимые для функционирования  $i$ -го мероприятия и технологии;  $Z$  – общая сумма денежных ресурсов, выделенных на достижение целевого показателя по энергосбережению на данном этапе.

Энергоёмкость ( $\mathcal{E}_0$ ) оценивается как сумма затрат на все виды топлива, электроэнергию и тепловую энергию, необходимых для производства, технического обслужива-

ния, ремонта, перевозки, хранения и утилизации одного изделия по формуле

$$\mathcal{E}_e = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{N}, \quad (2)$$

где  $Z_i$  – затраты на все виды топлива за определенный период времени;  $N$  – количество выпущенных изделий за тот период времени [3].

Использование вторичных энергетических резервов, возникающих на промышленных предприятиях, является дополнительным резервом. Расчет экономии топлива за счет использования вторичных энергетических ресурсов показывает степень утилизации вторичных энергоресурсов на промышленных предприятиях и оценивает экономический эффект предприятия.

Следует отметить, что в процессе функционирования мероприятий по разработке и внедрению ресурсосберегающих технологий помимо энергосберегающего результата возникает вторичный социально-экологический эффект, выраженный в снижении негативного воздействия энергоснабжения и энергопотребления на окружающую среду. В частности, в результате энергосбережения уменьшается выброс в атмосферу парниковых газов (водяных паров, углекислого газа, метана, озона, окислов азота, окислов серы), а также содержание вредных веществ в продуктах сгорания, что благоприятно скажется не только на экологии, но и увеличит социальный эффект. Очевидно, что такой экологический эффект будет прямо пропорционален сэкономленному топливу – результату работы энергосберегающих мероприятий и технологий. При этом улучшение экологии приведет к улучшению социальных условий, выраженному в повышении безопасных условий труда на рабочем месте и улучшении качества жизни.

Расчет социально-экологической составляющей необходимо проводить по социально-экологическим показателям, характеризующим величину снижения экологических платежей за природопользование, улучшение качества жизни населения в результате уменьшения выбросов парниковых газов, улучшение качества трудовой жизни в результате проведения оптимизации производства и внедрения энергосберегающих мероприятий.

Вычисление социально-экологической компоненты внешнего эффекта может быть выполнено с помощью методики оценки качества жизни, разработанной С.А. Айвазяном, согласно которой качество жизни осуществляется на основе следующих принципов: всесторонней оценки; ком-

плексности; универсальности; учета специфики объекта исследования и измеряется некоторым интегральным индикатором, включающим в себя соответствующие характеристики качества жизни, которые могут быть представлены стандартными статистическими показателями. Соответственно интегральный показатель качества жизни определяется по формуле [1]

$$I_i = \sqrt{\frac{x_m \cdot x_i}{x_{il} \cdot x_{il}}}, \quad (3)$$

где  $I_i$  – субиндекс  $i$ -го локального показателя;  $x_{il}$  – значение  $i$ -го показателя в  $l$  субъекте;  $x_m$  – среднее значение  $i$ -го показателя в федеральном округе;  $x_i$  – среднее значение  $i$ -го показателя в РФ.

Таким образом, управление энергосбережением в промышленных проектах направлено на выбор энергосберегающих мероприятий и технологий с максимальными показателями эффективности для достижения заданных целевых показателей при данных ресурсных ограничениях. При этом показатель эффективности процессов управления необходимо рассчитывать с учетом его технико-экономической и социально-экологической составляющей в условиях неопределенности процессов проекта и внешней среды. Разработанный алгоритм анализа и оценки показателей эффективности имеет практическое значение, так как может быть использован для осуществления анализа и повышения эффективности процессов управления энергосберегающими проектами в промышленности.

### Список литературы

1. Айвазян С.А. Сравнительный анализ интегральных свойств качества жизни населения субъектов РФ [Электронный ресурс]. – М.: Центр ситуационного анализа и прогнозирования ЦЭМИ РАН (Decision Support and Forecasting Center CEMI RAS), 2005. – Режим доступа: <http://server1.data.cemi.rssi.ru/GRAF/center/projects/level/1.htm> (дата обращения 25.01.2014 г.).
2. ГОСТ Р 51541-99 Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. Дата введения 01.07.2000.
3. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения Дата введения 2002-01-01.
4. Климанов В.П., Насыров О.М. Структура целевых показателей энергосберегающих промышленных проектов // Межотраслевая информационная служба. Научно-практический журнал. – М.: 2012. – № 4 (161). – С. 16–21.
5. Насыров О.М. Моделирование процессов управления энергосбережением в промышленных проектах // Научное обозрение: теория и практика. – 2013. – № 1. – С. 44–50.
6. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный

закон РФ от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ (в ред. Федеральных законов от 08.05.2010 N 83-ФЗ, от 27.07.2010 № 191-ФЗ, от 27.07.2010 № 237-ФЗ).

7. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. – Vol. 8. – P. 338–353.

### References

1. Aivazyan S.A. Comparative analysis of the integral properties of the quality of life of subjects of the Russian Federation [electronic resource]. Moscow: Center for situational analysis and forecasting CEMI (Decision Support and Forecasting Center CEMI RAS), 2005. access mode: <http://server1.data.cemi.rssi.ru/GRAF/center/projects/level/1.htm> (date accessed 25.01.2014g.).

2. GOST 51541-99 Energy efficiency. Of indicators. General Provisions. 01.07.2000 Date of introduction.

3. GOST R 51750-2001 PowerSaver. Methods of determining the energy consumption in the production process and the provision of services in industrial power systems. General Introduction date 2002-01-01.

4. Klimanov VP Nasyrov OM structure targets of energy saving industrial projects // Interdisciplinary Information Service. Scientific journal. M.: 2012. no. 4 (161). pp. 16–21.

5. Nasyrov OM Management modeling energy savings in industrial projects // Scientific Review: Theory and Practice 2013. no. 1. pp. 44–50.

6. Federal Law of November 23, 2009 № 261-FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation» (as amended. Federal laws from 08.05.2010 no. 83-FZ, dated 27.07.2010 no. 191-FZ of 27.07.2010 no. 237-FZ).

7. Zadeh L.A. Fuzzy Sets // Information and Control. 1965. Vol. 8. pp. 338–353.

### Рецензенты:

Заборский Л.Ю., д.т.н., старший инженер ООО «Спецтехреал», г. Москва;

Соловов М.З., д.т.н., д.э.н., эксперт ООО «Спецтехреал», г. Москва.

Работа поступила в редакцию 07.02.2014.