

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО КОНТРОЛЮ И ПЛАНИРОВАНИЮ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

*Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова, А.А. Захарова*

## AUTOMATED INFORMATION DECISION SUPPORT SYSTEM ON CONTROL AND PLANNING ENERGY RESOURCES USAGE

*L.S. Kazarinov, T.A. Barbasova, A.A. Zakharova*

Приведены возможные пути повышения энергетической эффективности предприятий региона на основе введения автоматизированной информационной системы поддержки принятия решений по контролю и планированию потребления энергетических ресурсов, охватывающей все подразделения предприятий области и все виды хозяйственной деятельности.

*Ключевые слова: энергетическая эффективность, теплоэнергетическая система.*

The article covers the possible ways to increase energy efficiency in the region by implementing an automated decision support system to control and plan energy resources usage. The system covers all enterprise departments and all types of business activities.

*Keywords: energy efficiency, heat-and-power engineering system.*

### Введение

В настоящее время повышение эффективности использования энергии является основным направлением хозяйственной политики на промышленных предприятиях РФ. Однако, несмотря на это, системный эффект энергосбережения на многих предприятиях еще не достигнут. Дело в том, что решение данной проблемы не может быть получено на основе выполнения отдельных, не связанных между собой энергосберегающих мероприятий.

С системной точки зрения решение задач управления производственными процессами должно осуществляться оптимально по критериям технико-экономической и производственной эффективности.

Как показывает опыт промышленно развитых стран и крупных металлургических предприятий

Российской Федерации, системный эффект может быть получен лишь на основе введения целостной системы энергетического менеджмента, охватывающей все подразделения предприятия.

### 1. Факторный анализ

Потребление энергоресурсов на промышленных предприятиях зависит от множества производственных и технологических факторов, но многие из этих факторов не учитываются при анализе, планировании и управлении потреблением энергетических ресурсов для всех переделов производства.

Основным условием повышения эффективности потребления ресурсов производством является глубокий и всесторонний анализ закономерностей его формирования. По своей природе эти закономерности вероятностные, статистические. Использование статистических моделей для описания

---

**Казаринов Лев Сергеевич** – д-р техн. наук, профессор, декан приборостроительного факультета, Южно-Уральский государственный университет; kazarinov@ait.susu.ac.ru

**Барбасова Татьяна Александровна** – канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации и управления, Южно-Уральский государственный университет; tatyana\_barbasova@mail.ru

**Захарова Александра Александровна** – магистрант кафедры автоматизации и управления, Южно-Уральский государственный университет; al\_ekca@mail.ru

---

**Kazarinov Lev Sergeevich** – Doctor of Science (Engineering), Professor, Dean of Instrument-Making Faculty, South Ural State University; kazarinov@ait.susu.ac.ru

**Barbasova Tatiana Alexandrovna** – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of Automation and Control Department, South Ural State University; tatyana\_barbasova@mail.ru

**Zakharova Alexandra Alexandrovna** – master's degree student of Automation and Control Department, South Ural State University; al\_ekca@mail.ru

закономерностей потребления энергетических ресурсов производства обусловлено тем, что для него характерен устойчивый состав производимой продукции, однотипность технологических процессов и принципов организации производства.

Но производство в плане эффективности потребления топлива представляет собой сложную систему взаимосвязанных объектов производства при большом разнообразии режимов работы, определяемых производственными и технологическими условиями, влияющими на расход газа. Поэтому установление количественной меры влияния факторов потребления энергетических ресурсов позволяет более глубоко изучить характер потребления топлива отдельными цехами и подразделениями, выявить параметры, наилучшим образом описывающие этот расход, оценить точность учета, правильно планировать и разрабатывать мероприятия по экономии ресурсов.

Таким образом, установление закономерностей потребления топлива для энергоемких операций и агрегатов от важнейших производственных факторов является первоочередной задачей при анализе, нормировании и планировании потребления энергетических ресурсов. С этой целью основное внимание должно быть уделено разработке статистических моделей потребления топлива на основании метода многофакторного регрессионного анализа данных как наиболее эффективного способа в определении норм расхода электрической энергии топливных газов, определяемых по зависимостям, связывающим расход с факторами производства. На его основе возможно провести полный статистический анализ эмпирического уравнения регрессии, изучить опосредованные связи показателей и факторов, когда имеется большая цепь причин и следствий между ними, но невозможно осуществить «прямой» расчет.

Параметры, характеризующие объект исследования, как правило, имеют разный физический смысл, и матрица данных существенно изменяется, если изменяются шкалы, в которых измеряются те или иные параметры. Матрицу данных еще до проведения анализа целесообразно привести к стандартному виду, то есть стандартизовать вариант (среднее значение стандартизованного варианта равно нулю, дисперсия – единице).

По экспериментальным зависимостям, полученным в работах [1, 2], был выбран линейный характер многофакторной зависимости  $V_{\text{вых дг}} = f(\text{чуг, т; летучие, \% ; сера, \%})$ . В результате расчетов параметров линейной регрессии получена следующая модель выхода доменного газа для доменного цеха:

$$V_{\text{вых дг}} = 1,368 \cdot \text{Чугун} + 623\,800 \cdot \text{Летучие} + 338\,700 \cdot \text{Сера} - 890\,700.$$

Анализ причинных связей и установление количественной оценки влияния рассмотренных технологических факторов в условиях доменного производства позволяет более глубоко проанализировать

характер выхода доменного газа, выявить параметры, в наибольшей мере определяющие его уровень, оценить необходимую точность их учета, правильно планировать и разрабатывать мероприятия по экономии топлива и распределению вторичных энергетических ресурсов (коксового и доменного газа).

## 2. Программное обеспечение АИС-ЭНЭФ

Успех введения системы энергетического менеджмента предприятия существенно зависит от уровня автоматизации задач энергетического менеджмента. Разработанная АИС-ЭНЭФ предназначена для поддержки принятия решений по контролю и планированию потребления энергетических ресурсов – электроэнергии, природного газа. Структурная схема автоматизированной системы энергетического менеджмента приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы энергетического менеджмента предприятия**

На основе данных АСУ «Энергоучет» и технических отчетов, представляемых подразделениями, формируется информационная база данных технических отчетов об эффективности использования энергетических ресурсов за отчетный период (сутки, месяц, год). С использованием информации в представленных техотчетах осуществляется текущий контроль эффективности использования энергетических ресурсов подразделениями. При этом также используются данные расчетно-нормативной базы. Текущая информация, содержащаяся в техотчетах, подвергается факторному анализу, при этом выявляются факторы, существенно влияющие на эффективность энергопотребления. Выявленные факторы и зависимости ис-

пользуются для построения текущих энергетических характеристик потребителей энергоресурсов.

На основе полученных характеристик производится корректировка расчетно-нормативной базы энергопотребления. С использованием скорректированной расчетно-нормативной базы на последующий период подразделениями рассчитываются нормы и плановые задания по энергопотреблению. На всех этапах контроля и формирования плановых заданий осуществляется энергетическая экспертиза, целью которой является определение «узких» мест потребления энергетических ресурсов и выявление резервов снижения объемов потребления энергии. Для развязки указанных «узких» мест эксперты с использованием результатов факторного анализа определяют требуемые корректирующие мероприятия. Выполнение предписанных мероприятий служит целям сокращения энергетических затрат подразделениями.

АИС-ЭНЭФ обеспечивает выполнение следующих функций [3]:

- прогнозирование потребления энергетических ресурсов при заданных плановых значениях выпуска продукции и установленных значениях базовых технологических факторов;
- определение текущих показателей энергоёмкости подразделений;
- определение величин перерасхода потребления энергии и причин, их обуславливающих;
- оценка резервов снижения потребления энергетических ресурсов.

В программе представлены следующие опции:

- анализ потребления энергетических ресурсов;
- ведение информационной базы отчетов и их просмотр;

– информация по энергоэффективным мероприятиям, предписанным для снижения энергоёмкости производства по отдельным подразделениям.

#### Просмотр отчета

При нажатии на кнопку «Просмотр отчета» появляется таблица (рис. 2), содержащая в себе следующие столбцы:

- год;
- цех – название цеха;
- объем производства (плановый и фактический);
- расход топлива:
  - план – плановый расход топлива, рассчитываемый на основе факторного анализа по плановому объему производства и заданных значениях базовых технологических факторов;
  - план/факт – плановый расход топлива, рассчитываемый на основе факторного анализа по фактическому объему производства;
  - факт – фактическое потребление топлива соответствующим цехом.
- удельный расход топлива (плановый и фактический);
- перерасход топлива;
- удельный перерасход топлива, %.

Расчет величины потребления топливных газов (или электроэнергии) осуществляется отдельно по каждому цеху на основе многофакторного регрессионного анализа (рис. 3).

В верхней части окна расположен выпадающий список с названием цеха, для которого необходимо осуществить расчет. Ниже расположен еще один выпадающий список, в котором выбирается вид потребляемого ресурса. Это дает возможность на основе многофакторного регрессионного анализа рассчитать не только потребление топлива

Год	Цех	Объем производства план	Объем производства факт	Расход эл. энергии план.	Расход эл. энергии факт.	Удельный расход план	Удельный расход факт	Перерасход электроэнергии	Уд. перерасход, %
2007	ГОП		10282745,0		522727400,0		5083,539		
	ДД	9519900,0	9520386,0	79809616,0	79659459,0	838,3	836,715	-155231,357	-0,002
	ИДП		838274,0		117436218,0		14009,288		
	КМП		133697950,0		1550060702,0		1159,375		
	ККЦ		860028,0		35202228,0		4083,149		
	КЮП		5354100,0	24162389,6	282569167,0		5277,622		
	ПВЭС		809662720,0		111932514,0		13,825		
	ТЭЦ	2515080100,0	2515081000,0	286602540,1	290321755,0	11,4	11,543	3719112,342	0,013
	ЦЭС		153489,0	33862674,5	34701450,0		22608,428		
	Цех г.л.		5453816,0		436020425,0		7994,777		
	Цех х.л.		2299613,0		197100414,0		8571,025		
	Цех х.п.		361298,0		34400655,0		9521,408		
	ЦЭС		1741494110,0	12700798,0	164918749,0		9,470		
	ЭСЦ		3184425,0		1001507471,0		31450,182		

Рис. 2. Просмотр отчетов

в целом, но и отдельных его составляющих, таких как природный, доменный, коксовый газ. Далее располагается таблица, в которой выводится список факторов для конкретного цеха и конкретного потребляемого ресурса; значения коэффициентов регрессии и значения факторов. При этом значения факторов могут быть отредактированы. Для этого необходимо из главного меню выбрать команду «Режим → Редактирование». Кроме того, в окне присутствует кнопка «Факторная модель», при нажатии которой появляется окно, представленное на рис. 4.

Окно (рис. 4) предназначено для вывода факторной модели цеха, выбранного в окне «Факторный анализ» (рис. 3). Здесь присутствуют две таб-

лицы. Верхняя таблица предназначена для вывода по каждому фактору для данного цеха значений среднего и стандартного отклонений. Нижняя – для вывода матрицы парных коэффициентов корреляции энергетических и технологических параметров. Также в этом окне имеется выпадающий список «Тип факторной модели», позволяющий для данного цеха просмотреть не только факторную модель потребления топлива в целом, но и факторные модели потребления отдельных составляющих топлива, таких как природный, коксовый и доменный газ.

В отличие от простого коммерческого учета на вводах предприятия предлагаемая система основана на построении энергетических харак-

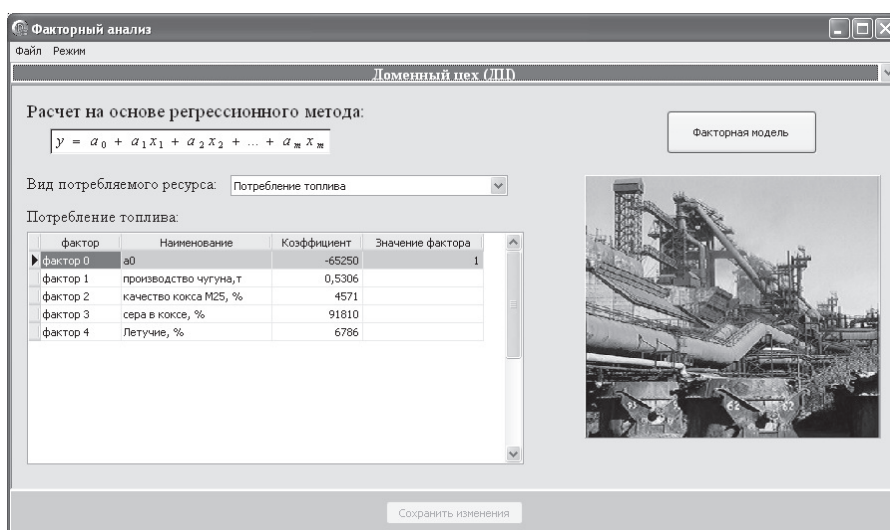


Рис. 3. Факторный анализ

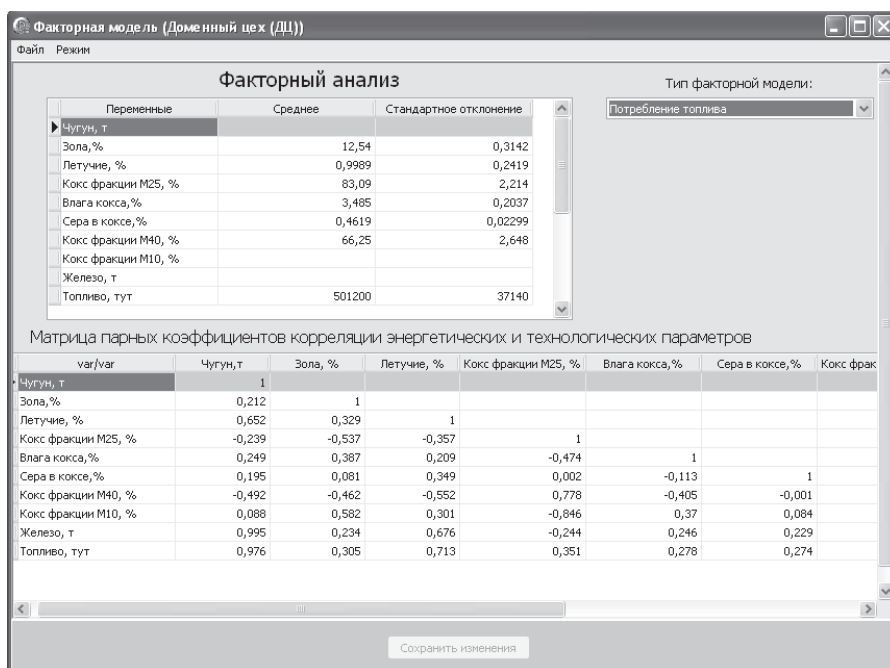


Рис. 4. Факторная модель

теристик конкретных цехов и производственных участков. Это позволяет осуществлять точный прогноз потребления энергетических ресурсов, выявлять места возникновения перерасхода ресурсов, выяснять причины возникновения перерасхода энергетических ресурсов, оценивать резервы снижения энергоемкости производства на основе предписываемых энергосберегающих мероприятий.

#### **Выводы**

Предложен подход к оптимальному решению задач управления производственными процессами по критериям технико-экономической и производственной эффективности с целью достижения системного эффекта сбережения на промышленных предприятиях [4–6]. Рассмотрена разработанная программа для ЭВМ АИС-ЭНЭФ, предназначенная для поддержки принятия решений по контролю и планированию потребления энергетических ресурсов – электроэнергии, природного газа.

#### **Литература**

1. Копцев, Л.А. Моделирование потребления топлива в ОАО «ММК» / Л.А. Копцев, И.А. Япрынцева // *Промышленная энергетика*. – 2004. – № 5. – С. 2–6.
2. Япрынцева, И.А. Подготовка к управлению потреблением топлива в ОАО «ММК» на основе математических статистических зависимостей / И.А. Япрынцева // *Изв. Челяб. науч. центра*. – 2004. – 4(26). – [http://www/sci.urfu.ac.ru/news/2004\\_4\(26\)/](http://www/sci.urfu.ac.ru/news/2004_4(26)/). – С. 96–100.
3. *Автоматизированные системы управления в энергосбережении (опыт разработки): моногр.* / Л.С. Казаринов, Д.А. Шнайдер, О.В. Колесникова и др.; под ред. Л.С. Казаринова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ: Издатель Т. Лурье, 2010. – 228 с.
4. *Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением: моногр.* / Л.С. Казаринов, Д.А. Шнайдер, Е.В. Вставская и др.; под ред. Л.С. Казаринова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ: Издатель Т. Лурье, 2011. – 208 с.
5. Казаринов, Л.С. Концепция повышения энергетической эффективности комплексов наружного освещения / Л.С. Казаринов, Е.В. Вставская, Т.А. Барбасова // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12. – С. 553–558.
6. Казаринов, Л.С. Разработка проектов энергоэффективных систем уличного освещения на основе инновационного технико-экономического механизма возвратно-целевого усиления бюджетного финансирования / Л.С. Казаринов, Т.А. Барбасова // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. – 2011. – Вып. 14. – № 23 (240). – С. 92–98.

**Поступила в редакцию 25 мая 2012 г.**