



УДК 669.1.004.18:681.3.06

**Т. А. АНДРЕЕВА**, канд. экон. наук, старший научный сотрудник,  
**В. Г. ЛИТВИНЕНКО**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,  
**Г. Н. ГРЕЦКАЯ**, канд. экон. наук, начальник отдела  
УкрГНТЦ «Энергосталь», г. Харьков

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ОСНОВЕ СКВОЗНОЙ ЭНЕРГОЕМКОСТИ

В настоящей статье представлено программное обеспечение, позволяющее автоматически проводить анализ использования топливно-энергетических ресурсов в промышленном производстве путем сравнения сквозных по предприятию энергоемкостей продукции в базовом и отчетном периодах.

**программное обеспечение, топливно-энергетические ресурсы, промышленное производство, сквозная энергоемкость**

Решать проблемы энергосбережения в современных кризисных условиях, когда экономика Украины является энергетически зависимой от внешних поставщиков, необходимо комплексно, путем организационно-технических мероприятий и экономических подходов [1]. Чтобы определить необходимые энергосберегающие мероприятия, а затем оценить эффективность их внедрения, надо владеть достоверной и качественной информацией, позволяющей проанализировать использование топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) до внедрения и после.

Объективным показателем эффективности использования ТЭР на промышленном предприятии является заводская (сквозная) энергоемкость продукции [2, 3]. В этом показателе учитываются не только удельный расход топлива и покупной энергии в цехе, выпускающем товарную продукцию, но и их затраты на изготовление полуфабрикатов и выработку производных энергоносителей, которые участвовали в производстве данной товарной продукции. Таким образом, этот показатель является энергетическим аналогом себестоимости продукции: энергозатраты всех переделов переносятся на товарную продукцию (в том числе и на энергоносители, отпускаемые на сторону) и пересчитываются в расходы топлива и покупной энергии. Для многих предприятий, особенно металлургических, химических, имеющих многостадийное производство и использующих большое количество энергоносителей собственного производства, расчет сквозной по заводу (заводской) энергоемкости вручную является весьма трудоемким. Это затрудняет оперативное использование показателя. Оперативное же сопоставление заводской энергоемкости за месяц

или квартал по сравнению с аналогичными прошлыми периодами для оценки использования ТЭР и вовсе затруднительно при ручном счете.

В связи с этим авторами разработано программное обеспечение (ПО) «Комплекс программ по анализу использования ТЭР на основе сквозной заводской энергоемкости» (КП АИТЭР), которое зарегистрировано в Департаменте интеллектуальной собственности (свидетельство № 15284) Министерства просвещения и науки Украины. Составной частью данного программного обеспечения является компьютерная программа «Сквозная энергоемкость продукции» (КП «СЭП») [4], также разработанная авторами статьи и зарегистрированная (свидетельство № 14184). Краткое описание КП «СЭП» приведено в [4]. В данной же статье остановимся на рассмотрении «Комплекса программ по анализу использования ТЭР на основе сквозной заводской энергоемкости» (КП АИТЭР).

КП АИТЭР разработан на основе современных информационных технологий на принципах объектно-ориентированного программирования с использованием стандартной библиотеки компонентов и средств визуального программирования. Современные информационные технологии позволили создать дружественный интерфейс пользователя, отвечающий стандартам, принятым в среде WINDOWS. Программное обеспечение КП АИТЭР снабжено встроенным механизмом печати выходных таблиц, обеспечивающим внутреннюю настройку программы на изменение параметров печати, не затрагивающих параметры печати операционной системы.

Данный комплекс программ по анализу использования ТЭР позволяет определять величину сэкономленных или перерасходованных покупных тепло- и электро-

энергии и топлива в отчетном (анализируемом) периоде по сравнению с любым другим периодом в натуральном, условном и денежном выражении. Кроме того, комплекс программ позволяет выявить причины экономии (перерасхода) ТЭР. Анализ использования ТЭР проводится путем сравнения энергоемкости продукции и производных энергоносителей анализируемого периода с соответствующими энергоемкостями за период, выбранный в качестве базы. В качестве базы могут быть взяты фактические данные аналогичного периода, предшествовавшего анализируемому, или плановые данные, соответствующие анализируемому периоду при условии, что по обоим периодам рассчитана сквозная энергоемкость продукции.

КП АИТЭР включает в себя три модуля: модуль 1 – «Оболочка комплекса программ» служит для вызова расчетных модулей 2 и 3. Модуль 2 – «Сквозная энергоемкость» используется для расчета сквозного удельного расхода топлива и покупной энергии на производство продукции и выработку производных энергоносителей в разрезе цеха и в целом по заводу. Модуль 2 – это КП «СЭП», который может эксплуатироваться самостоятельно. Выходные данные модуля 2 по расчету сквозной заводской энергоемкости продукции, производных энергоносителей являются входной информацией для модуля 3. Модуль 3 – «Анализ ТЭР» предназначен для определения экономии или перерасхода топлива и покупной энергии в целом по заводу, по структурным подразделениям, в натуральном и стоимостном выражении. Главное окно модуля 3 представлено на рис. 1.

Модуль 3 включает следующие основные режимы: «Период», «Предприятие», «Производство», «Производные», «Стоимость».

**Режим «Период».** Осуществляется выбор периода, для которого будут проводиться расчеты экономии или перерасхода ТЭР (так называемый анализируемый период), выбор периода для данных по базе. После выбора периодов (для анализируемых данных и для базовых данных) загружаются соответствующие данные, получен-

ные в модуле 2, которые используются для расчетов экономии или перерасхода топлива и покупной энергии. Пока не выбран период для анализируемых и базовых данных, расчеты невозможны, поэтому кнопки, вызывающие режимы «Предприятие», «Производство», «Производные», «Стоимость» затенены, то есть недоступны (рис. 1).

**Режим «Предприятие».** Выполняется расчет экономии или перерасхода ТЭР в целом по предприятию. Для этого по всей заводской товарной продукции (включая производные энергоносители на сторону) сравнивают сквозные заводские удельные расходы топлива ( $\Delta T$ , т у. т.) и покупной энергии ( $\Delta E$ , тыс. кВт·час) в анализируемом периоде с соответствующими расходами по базе. Разницу умножают на объемы товарной продукции анализируемого периода. Положительный результат считается перерасходом (+) соответствующего ТЭР, отрицательный – экономией (-). Алгебраическая сумма экономии (перерасхода) соответствующего ТЭР по видам товарной продукции даст экономию (перерасход) данного ТЭР в целом по предприятию. В качестве товарной продукции рассматривается не только продукция основного передела, но и отпуск энергоносителей на сторону, и услуги вспомогательных цехов сторонним потребителям. Пример результата расчета экономии в целом по предприятию приведен на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что предприятие в январе по сравнению с базовыми данными (в этом случае – план на январь 2005 г.) в целом сэкономило 1326 тыс. кВт·час электроэнергии и 1859 т у. т. При этом основная экономия достигнута по «Производности 1».

Такие режимы модуля 3, как «Производство» и «Производные» позволяют выяснить величину экономии или перерасхода ТЭР в зависимости от изменения отдельных характеристик производства, изменения расхода энергоносителей в цехах основных, вспомогательных или энергетических.

**Режим «Производство»** позволяет определить изменение расхода топлива и покупной энергии за счет:

- изменения величины расходных коэффициентов полуфабрикатов собственного производства. Для этого

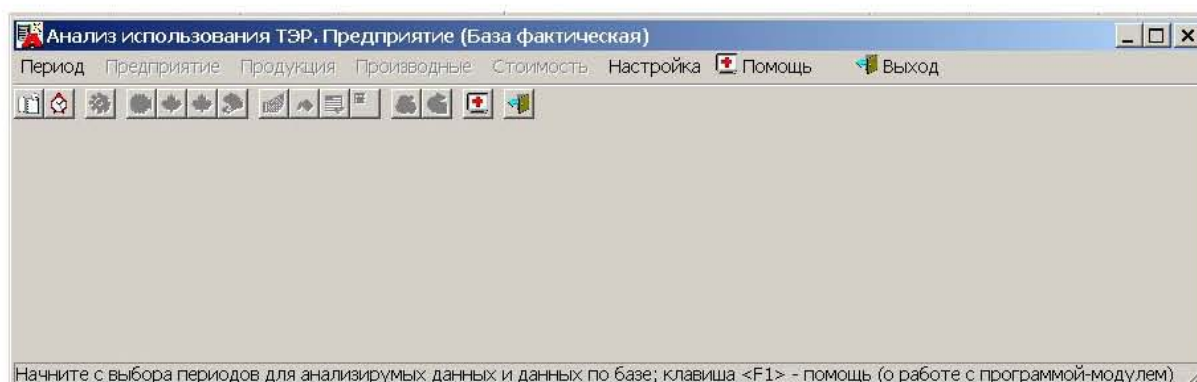


Рис. 1. Главное окно модуля 3



ЭКОНОМИЯ (ПЕРЕРАСХОД) В ЦЕЛОМ ПО ПРЕДПРИЯТИЮ за 2005.01-2005.01 по сравнению 2005.01-2005.01 (база по плановым данным)										
электроэнергии (тыс.кВт.ч) и топлива (тут)										
Товарная продукция	Ед. измерения	Колич. товарной продукции	Удельный расход электрорознергии, кВт.ч/н.е.			Удельный расход условного топлива, кг/т.н.е.			Экономия (-), перерасход (+)	
			факт	база	разница	факт	база	разница	э/энерг.	топливо
Э/э ЦСП	т.кВт.ч	1543.763	734.927	744.620	-9.693	67.397	65.127	2.270	-14.96	3.50
Вода оборот.	т.м3	21.002	220.637	235.702	-15.065	20.234	20.615	-0.381	-0.32	-0.01
Вода техн.	т.м3	54.737	106.095	110.938	-4.843	9.729	9.703	0.026	-0.27	0.00
Вода пит.	т.м3	18.868	730.741	730.244	0.497	67.013	63.869	3.144	0.01	0.06
Хоз.стоки	т.м3	18.763	519.069	769.107	-250.038	47.601	67.268	-19.667	-4.69	-0.37
Сж.воздух	т.м3	289.160	78.946	87.594	-8.648	7.240	7.661	-0.421	-2.50	-0.12
Вода горяч.	Гкал	5913.100	12.624	12.928	-0.304	162.222	162.484	-0.262	-1.80	-1.55
Пар ТЭЦ	Гкал	6587.000	12.624	12.928	-0.304	162.222	162.484	-0.262	-2.00	-1.73
Продукция 1	т	117941.287	201.659	212.210	-10.551	422.708	437.992	-15.285	-1244.38	-1802.70
Продукция 2	т	1958.720	174.745	182.749	-8.005	309.141	324.393	-15.252	-15.68	-29.87
Продукция 3	кг	840.000	168.198	215.455	-47.257	255.273	265.823	-10.551	-39.70	-8.86
ЖДЦ	пр.т	37000.000	0.265	0.346	-0.082	0.942	1.196	-0.254	-3.02	-9.41
АТЦ	пр.т	44800.000	0.020	0.022	-0.001	0.058	0.069	-0.011	-0.06	-0.49
Комбыт	пр.т	1000.000	20.706	17.103	3.602	60.446	67.732	-7.286	3.60	-7.29
<b>Итого</b>									<b>-1325.77</b>	<b>-1858.84</b>

Рис. 2. Экономия ТЭР за январь 2005 г. по сравнению с планом

определяется разница между расходными коэффициентами в базовом и анализируемом периоде. Полученный результат умножается на базовую энергоемкость полуфабриката и на объем продукции, для которой используется полуфабрикат. Полученные таким образом по каждому полуфабрикату результаты суммируются. В нашем случае по этой причине перерасход (+) ТЭР составил:  $\Delta E_{\phi} = 59$  тыс. кВт·час и  $\Delta T_{\phi} = 102$  т у. т.

- изменения расхода энергоносителей в основном производстве. С этой целью для каждого укрупненного вида продукции по каждому энергоносителю, израсходованному на этот вид продукции, рассчитывается разница между прямыми удельными затратами в анализируемом и базовом периодах. Полученная разница умножается на базовую энергоемкость энергоносителя и на объем укрупненного вида продукции, произведенной в анализируемом периоде. Полученные по каждому укрупненному виду затраты суммируются. В нашем примере в цехах основного производства экономия (-) ТЭР составила:  $\Delta E_{\phi} = 397$  тыс. кВт·час и  $\Delta T_{\phi} = 1614$  т у. т. В ПО на печать выводится как таблица, показывающая итоги изменения покупных ТЭР в основных цехах, так и таблицы, характеризующие изменение расхода каждого энергоносителя на производство продукции. На рис.3 показан пример результатов

расчета изменения расхода энергоносителей при производстве извести в январе 2005 г. по сравнению с планом. Из рис. 3 видно, что перерасход по электроэнергии при производстве извести (около 90 тыс. кВт·час) обусловлен ростом удельного расхода всех энергоносителей (особенно электроэнергии), использованных в производстве, кроме изменения расхода горячей воды, снижение затрат которой существенно не повлияло на изменение расхода покупной электроэнергии. Незначительная экономия топлива обусловлена, в основном, снижением расхода горячей воды и природного газа. Аналогичный анализ проводится и по остальным видам продукции основных цехов;

- изменения расхода энергоносителей во вспомогательном производстве (ремонтные, транспортные цеха, заводоуправление, лаборатории и т. п.). Вычисления проводятся аналогично, как в основных цехах, только при этом количество энергоносителя, израсходованного во вспомогательном цехе, распределяется по долям услуг вспомогательного цеха, оказываемых основным цехам. В нашем примере во вспомогательных цехах экономия (-) составила:  $\Delta E_{\phi} = 196$  тыс. кВт·час и  $\Delta T_{\phi} = 305$  т у. т.

**Режим «Производные»** позволяет определить изменение расхода топлива и покупной энергии за счет

Просмотр табличных данных

ЭКОНОМИЯ (ПЕРЕРАСХОД)  
 электроэнергии (тыс.кВт.ч) и топлива (тут)  
 за 2005.01-2005.01 по сравнению с 2005.01-2005.01 (база по плановым данным)  
 за счет изменения расхода ТЭР в основном производстве (выборка по видам продукции)

Наименование	Ед. измерения	Удельный расход энергоносителей, н.е./н.е.			Экономия (-), перерасход (+)				Базовая энергоёмкость энергоносителей	
		факт	база	разница	кВт.ч/н.е.	т.кВт.ч	кгут/н.е.	тут	кВт.ч/т.н.е.	кгут/т.н.е.
Иов.										
Q=11.826	тыс.т									
Всего					7.607	89.96	-0.332	-3.93		
в т.ч.										
Э/э ЦСП	кВт.ч	63.822	53.853	9.969	7.423	87.79	0.649	7.68	744.620	65.127
Вода пит.	м3	0.074	0.066	0.008	0.006	0.07	0.001	0.01	730.244	63.869
Хоз.стоки	м3	0.074	0.066	0.008	0.006	0.08	0.001	0.01	769.107	67.268
Природный газ	кгут	140.636	141.007	-0.370			-0.370	-4.38		1000.000
Сж.воздух	м3	36.397	33.875	2.521	0.221	2.61	0.019	0.23	87.594	7.661
Вода горяч.	Гкал	0.021	0.024	-0.004	-0.050	-0.59	-0.632	-7.47	12.928	162.484

Рис. 3. Изменение расхода ТЭР при производстве извести в 2005 г. по сравнению с планом

совместного влияния изменения потерь энергоносителей и их энергоёмкости (рис. 4) в энергоцехах. Это изменение рассчитывается для каждого производного энергоносителя, вырабатываемого на предприятии. С этой целью вычисляют разницу между фактическим сквозным по заводу удельным расходом покупных ТЭР и базовым аналогичным расходом. Полученный результат умножают на количество этого энергоносителя, отпущенного основным, вспомогательным цехам и на сторону (не включаются в количество потери и величина энергоносителя, использованного в энергоцехах). Полученные изменения по всем энергоносителям суммируются. В нашем примере из-за этой причины экономия (-) ТЭР составила:  $\Delta E_c = 794$  тыс. кВт-час и  $\Delta T_c = 25$  т у. т. В ПО также рассматривается отдельно влияние изменения величины потерь ( $\Delta T_n$  и  $\Delta E_n$ ) и влияние изменения энергоёмкости производных ( $\Delta T_s$  и  $\Delta E_s$ ). Изменение расхода ТЭР за счет изменения энергоёмкости производных проводится по аналогии с расчетом изменения расхода энергоносителей в основном производстве. При этом можно вывести на экран таблицу экономии или перерасхода покупных энергоносителей или таблицу, аналогичную той, что представлена на рис. 3 и проанализировать, по какой причине для того или иного энергоносителя увеличился или уменьшился расход ТЭР.

Величина  $\Delta T_c$  и  $\Delta E_c$  в большинстве случаев отличается соответственно от величины  $\Delta T_n + \Delta T_s$  и  $\Delta E_n + \Delta E_s$ . Это связано с тем, что экономия (перерасход) энергоресурсов частично зависит от суммы произведений потерь каждого энергоносителя на изменение удельных расходов всех энергоносителей, прямо или косвенно израсходованных на выработку каждого производного энергоносителя.

Если для выработки производного энергоносителя расходуется два и более энергоносителя, из которых не менее, чем у двух имеются потери, то для расчета изменения потерь, связанных с производением потерь, может потребоваться многочлен, в состав которого входит более 12 слагаемых. Описание такого многочлена в общем виде представляет значительные сложности и для решения практических задач нецелесообразно.

Как видно из рис. 4, наибольший вклад в экономию покупной электроэнергии по энергоцехам внесло изменение сквозного расхода покупной электроэнергии на выработку сжатого воздуха, на работу ЦСП, на перекачку воды оборотной, а в экономию условного топлива – изменение сквозного расхода топлива на выработку пара и выработку сжатого воздуха.

При правильно выполненных расчетах в модуле 2 и правильно выбранной базе в модуле 3 экономия ТЭР в целом по предприятию ( $\Delta E$  и  $\Delta T$ ) должна приблизительно равняться сумме по причинам (за исключением изменения расхода только за счет изменения потерь или только за счет изменения энергоёмкости энергоносителей)  $\Delta E \approx \Delta E_{\phi} + \Delta E_o + \Delta E_b + \Delta E_c$ . В нашем примере эта сумма составит 1328 тыс. кВт-час (отклонение – 0,15 % экономии в целом по предприятию).

$\Delta T \approx \Delta T_{\phi} + \Delta T_o + \Delta T_b + \Delta T_c$ , т. е. -1842 т у. т. (отклонение – 0,91 %).

**Режим <Стоимость>** используется для определения стоимости сэкономленных или перерасходованных ТЭР в целом по заводу и по видам товарной продукции. При этом в рассматриваемом ПО имеется возможность ввода и выбора цен на покупные энергоносители на какой-либо месяц рассматриваемого года. В зависимости от того, какие цены ввел пользователь (текущие, сопос-



Просмотр табличных данных

ЭКОНОМИЯ (ПЕРЕРАСХОД)  
электроэнергии (тыскВт.ч) и топлива (тут)  
за 2005.01-2005.01 по сравнению с 2005.01-2005.01 (база по плановым данным)

из-за совместного влияния изменения потерь ТЭР и энергоемкости производных

Производ-ные	Ед. из-мере-ния	Отпущено энерго-цеками (факт)	Удельный расход э/энергии, кВт.ч/н.е.			Удельный расход условного топлива, кг/т/н.е.			Экономия (-), перерасход (+)	
			факт	база	разница	факт	база	разница	э/энерг.	топливо
Э/э ЦСП	т.кВт.ч	24030.81	734.927	744.620	-9.693	67.397	65.127	2.27	-232.931	54.55
Вода оборот.	т.м3	8535.00	220.637	235.702	-15.065	20.234	20.615	-0.38	-128.580	-3.25
Вода техн.	т.м3	249.89	106.095	110.938	-4.843	9.729	9.703	0.03	-1.210	0.01
Вода пнт.	т.м3	51.42	730.741	730.244	0.497	67.013	63.869	3.14	0.026	0.16
Хоз. стоки	т.м3	50.82	519.069	769.107	-250.038	47.601	67.268	-19.67	-12.707	-1.00
Сж. воздух	т.м3	40588.72	78.946	87.594	-8.648	7.240	7.661	-0.42	-351.011	-17.09
Вода горяч.	Гкал	14723.70	12.624	12.928	-0.304	162.222	162.484	-0.26	-4.476	-3.86
Пар ТЭЦ	Гкал	207809.00	12.624	12.928	-0.304	162.222	162.484	-0.26	-63.174	-54.45
Итого									-794.063	-24.93

Рис. 4. Экономия ТЭР в энергетических цехах

тавимые), можно получить результаты в текущих или сопоставимых ценах.

### ВЫВОДЫ

Разработанное УкрГНТЦ «Энергосталь» программное обеспечение анализа энергозатрат на базе сквозной энергоемкости (КП АИТЭР) дает возможность автоматизировать процесс вычислений и дать объективную количественную оценку изменению расхода топлива и энергии при производстве различных видов продукции на предприятии. Анализ сквозной энергоемкости продукции позволяет определять перерасход или экономию ТЭР по цехам основного, вспомогательного и энергетического производства как в натуральном, так и в стоимостном выражении, выявить причины изменения расхода ТЭР. Результаты расчетов представляются в виде таблиц, выводимых на экран и на печать, которая снабжена механизмом настройки. Результаты расчетов могут быть использованы при оперативном управлении процессами энергосбережения на промышленном предприятии.

У статті надано програмне забезпечення, що дозволяє автоматично проводити аналіз використання паливно-енергетичних ресурсів у промисловому виробництві шляхом порівняння наскрізних енергоємностей продукції на підприємстві у базовому і звітному періодах.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грановський В. К., Харахулах В. С. Про першочергові та перспективні завдання в сфері енергозбереження // Екологія і промисловість. – 2005. – № 4 (5). – С. 4–8.
2. Методика нормирования сквозных заводских удельных расходов топливно-энергетических ресурсов для предприятий горно-металлургического комплекса. – Киев: Министерство промышленной политики, 1998. – 20 с.
3. Грецькая Г. Н., Андреева Т. А., Литвиненко В. Г. Сквозная энергоемкость продукции: методы расчета и анализа // Металлург. – 2002. – № 11. – С. 32–35.
4. Андреева Т. А., Литвиненко В. Г., Грецькая Г. Н. Программное обеспечение учета и нормирования сквозного расхода энергоносителей в промышленном производстве // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технічний прогрес і ефективність виробництва. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. – № 33. – 204 с.

Поступила в редакцию 17.04.06

This article presents software that enables automatically carry out the analysis of fuel & power resources use in industrial production by comparison through power consumptions of product at an enterprise in the reference and reporting periods.