

УДК 669.012.3:657.471.76

А.А. СЛИСАРЕНКО, заведующий лабораторией,

Т.А. АНДРЕЕВА, канд. экон. наук, старший научный сотрудник, Р.А. ПЕРЕТЯТЬКО, младший научный сотрудник
Украинский государственный научно-технический центр «Энергосталь» (УкрГНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОДУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Представлены подходы к оценке энергоэффективности изменения структуры промышленного производства путем применения методики расчета сквозной энергоемкости товарной продукции.

Ключевые слова: структура производства, реконструкция и модернизация, энергосберегающее мероприятие, сквозная заводская энергоемкость, энергоэффективность, затраты, топливно-энергетические ресурсы.

Согласно Отраслевой программе энергосбережения и энергоэффективности на период до 2017 г. [1] предусматривается проведение реконструкции и модернизации предприятий с целью повышения конкурентоспособности продукции ГМК и снижения энергетических затрат.

Принятие обоснованных решений по реконструкции и модернизации предприятия, в т.ч. по внедрению энергосберегающих мероприятий, требует достоверной информации о предполагаемой энергоэффективности. Оценку этого показателя необходимо проводить в предынвестиционный период, например при разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта реконструкции и модернизации или перед внедрением энергосберегающих мероприятий [2]. В противном случае после реализации проекта могут возникнуть проблемы с материальным, энергетическим и сырьевым обеспечением предприятия.

Авторами данной статьи предлагается в качестве механизма объективной оценки энергоэффективности проектов провести анализ ожидаемого изменения энергопотребления после внедрения проектов на основе расчета сквозной энергоемкости товарной продукции [3, 4]. Использование методики расчета сквозной заводской энергоемкости позволяет также выполнять нормирование удельных затрат топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) [5], прогнозирование потребности в энергоресурсах и определение объемов образования парниковых газов [6, 7].

Данная методика применима для различных промышленных предприятий с многостадийной технологией производства, например предприятий металлургии, горно-обогатительных комбинатов, коксохимических,

машиностроительных, химических и нефтеперерабатывающих предприятий.

Основная особенность методики расчета сквозной заводской энергоемкости продукции состоит в том, что для каждого вида товарной продукции все затраты (прямые и косвенные) топлива и покупной энергии относятся на произведенную товарную продукцию. Экономия (или перерасход) энергоресурсов складывается из изменений удельных затрат энергоносителей в основных, вспомогательных и энергетических цехах, энергоемкости производных энергоносителей и удельных расходов энергоносителей, овлеченных в полуфабрикатах и сменном оборудовании собственного производства [8].

Под сквозной заводской энергоемкостью продукции понимаются удельные расходы топлива и покупной энергии, которые включают в себя:

- прямые удельные затраты топлива и покупной энергии в цехе, производящем i -тую продукцию;
- удельные затраты производных энергоносителей – энергоносителей собственного производства (кислород, пар, дутье, сжатый воздух, перекачка воды и т.д. с учетом потерь) на i -тую продукцию, пересчитанные в удельные расходы топлива и покупной энергии;
- удельные расходы полуфабрикатов и сменного оборудования собственного производства на i -тую продукцию, пересчитанные в удельные расходы топлива и покупной энергии;
- затраты энергоносителей во вспомогательных цехах, пересчитанные в удельные расходы топлива и покупной энергии с учетом потерь и отнесенные на изготовление i -той продукции.

В общем виде заводская сквозная энергоемкость (d_s , кг у.т./т) рассчитывается по формуле



$$d_a = \sum d_{ci} \times q_{cj}$$

где d_{ci} – цеховая энергоемкость i -той продукции, кг у. т./т;
 q_{cj} – сквозной расходный коэффициент j -того полуфабриката на изготовление i -той продукции, т/т.

Сквозной расходный коэффициент полуфабрикатов собственного производства на изготовление продукции рассчитывается путем перемножения расходных коэффициентов одних полуфабрикатов на изготовление других по технологической цепи производственного процесса [9].

Для выполнения расчетов по определению сквозных удельных затрат ТЭР и анализа их изменения на предприятиях со сложной технологией производства в УкрГНТЦ «Энергосталь» разработан «Комплекс программ по анализу использования ТЭР на основе сквозной заводской энергоемкости» [10].

Анализ изменения энергопотребления на основе расчета сквозной энергоемкости товарной продукции ранее применялся при оценке модернизации воздухонагревателей доменных печей как энергоэффективного мероприятия [11]. На примере анализа заводской энергоемкости продукции реального металлургического предприятия в Донецкой области (далее – предприятие «А») рассмотрим использование предлагаемого подхода к оценке энергоэффективности проектов реконструкции и модернизации производства. На предприятии «А» с 2002 по 2004 год в эксплуатацию были введены две 6-ручьевые машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). В 2007 г. сортовой прокат производился в основном из слитков, обжатых на блюминге, а непрерывно-литая заготовка в виде полуфабриката отправлялась на продажу.

К середине 2009 г. структурная схема производства была изменена: выведены из эксплуатации блюминг, сортопрокатный стан «250» и стан стержневого проката. Таким образом, на станах «550», «360», «280» прокат производился только из непрерывно-литых заготовок, при этом частично сталь разливалась в слитки для отправки стороннему покупателю. На рис. 1 приведена схема производства до (2007 г.) и после (2009 г.) изменения его структуры.

В результате использования в технологической цепочке непрерывно-литых заготовок вместо катаных блюмсов изменились сквозные заводские затраты топливно-энергетических ресурсов на готовую товарную продукцию (прокат). Основным фактором, повлиявшим на эти изменения, является снижение сквозных расходных коэффициентов полуфабрикатов в связи с выводом обжимного стана (рис. 1) из производственного процесса.

В табл. 1 представлены сквозные расходные коэффициенты до и после изменения структуры производственного процесса.

После вывода блюминга из производственного процесса (табл. 1) сквозные расходные коэффициенты чугуна на одну тонну проката по всем трем станам снизились, а расход чугуна, отнесенный к тонне слитков при их выплавке, увеличился на 3,5 %. Уменьшение сквозных затрат ТЭР на прокат обусловлено отсутствием производства изложниц и прочей оснастки, связанной с переходом от разливки стали в слитки на непрерывную разливку. Также следует отметить (табл. 1) снижение сквозных расходных коэффициентов агломерата и извести на производство проката и слитков.

При проведении сравнительного анализа сквозных заводских удельных затрат до и после изменения структуры производства было установлено, что снижение энер-

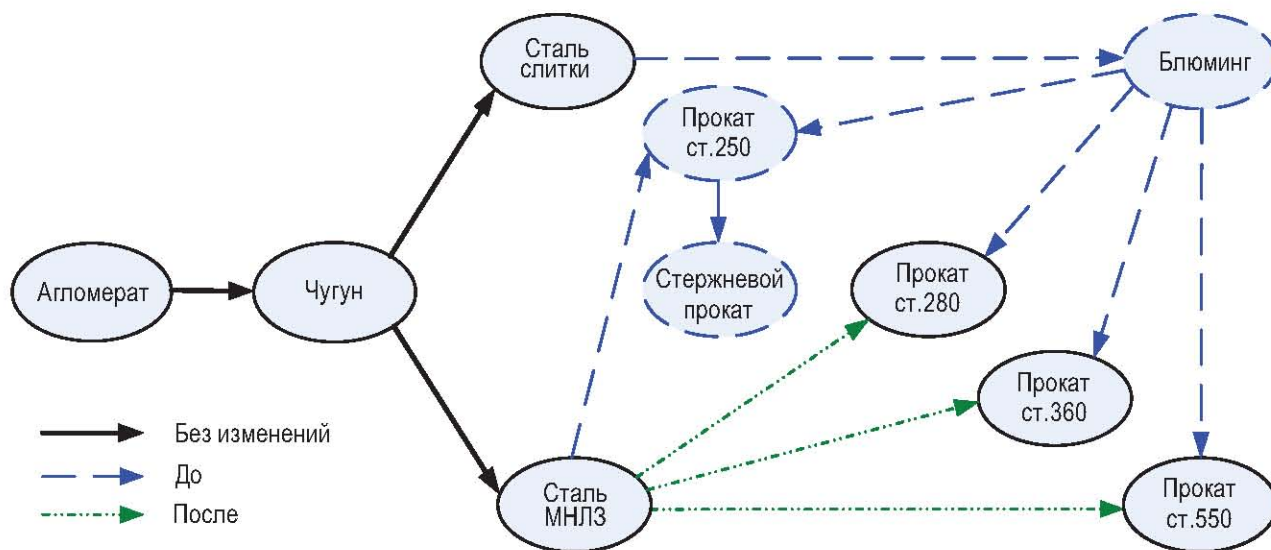


Рисунок 1 – Структурная схема производства до и после ее изменения на металлургическом предприятии «А»

Таблица 1 – Сквозные расходные коэффициенты до и после изменения структуры производственного процесса

Полуфабрикат	Сквозные коэффициенты полуфабрикатов на производство проката и слитков							
	стан «550»		стан «360»		стан «280»		слитки	
	до	после	до	после	до	после	до	после
Катаная заготовка	1,1065	–	1,0555	–	1,0975	–	–	–
Литая заготовка	–	1,0797	–	1,0701	–	1,0808	–	–
Слитки	1,1906	–	1,1357	–	1,1809	–	1	1
Изложницы	0,0155	–	0,0148	–	0,0154	–	0,0130	0,0130
Чугун на изложницы	0,0168	–	0,0161	–	0,0167	–	0,0141	0,0141
Чугун на сталь	1,0514	0,9547	1,0030	0,9463	1,0429	0,9558	0,8831	0,9153
Агломерат	0,9563	0,8209	0,9122	0,8136	0,9485	0,8218	0,8032	0,8010
Известь*	0,1183	0,1069	0,1129	0,1060	0,1174	0,1070	0,0994	0,0993

* Расходные коэффициенты с учетом расхода извести на производство конвертерной стали и агломерата

гоемкости проката стана «550» составило 180,6 кг у.т. (15 %), стана «360» – 143,4 кг у.т. (11,8 %), стана «280» – 172 кг у.т. (14,9 %), а энергоемкость слитков увеличилась на 20,2 кг у.т. (2,7 %). Динамика изменения сквозной заводской энергоемкости по видам продукции при изменении производственной схемы представлена на рис. 2.

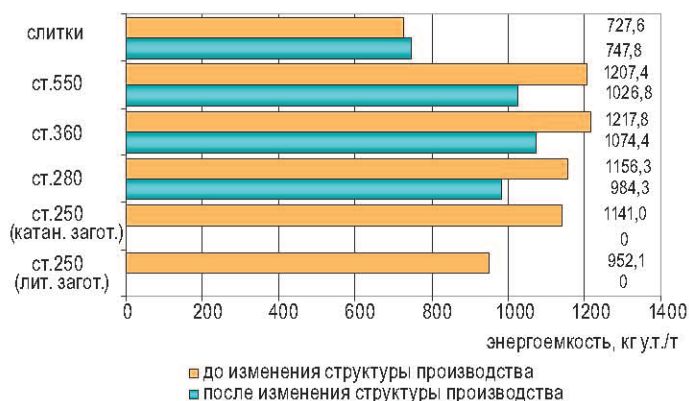


Рисунок 2 – Изменение сквозной заводской энергоемкости по видам продукции при изменении структуры производства, кг у.т./т

Как отмечено выше, в 2009 г. стан «250» был выведен из эксплуатации. В 2007 г. (до изменения структуры) энергоемкость при производстве проката из катаной заготовки на стане «250» составила 1141 кг у.т./т, из непрерывно-литой заготовки – 952,1 кг у.т./т. Различия энергоемкостей проката одного и того же стана, но с подачей на него заготовок разного происхождения, является наглядным примером энергоэффективности применения непрерывной разливки стали. Использование непрерывно-литой заготовки на стане «250» привело к уменьшению удельных сквозных заводских затрат на 189 кг у.т./т проката, что составило 16,6 %.

Увеличение энергоемкости стальных слитков на 2,7 % в 2009 г. по сравнению с 2007 г. обусловлено повышением прямого расходного коэффициента (α_p) чугуна на одну тонну жидкой стали на 32,2 кг, что связано с уменьшением

количества металлолома, который ранее поступал в виде обрезки слитков из обжимного цеха, на 84 кг.

Анализ изменения заводской энергоемкости проката стана «550» позволил выявить причины ее снижения (табл. 2):

- разливка стали на МНЛЗ с выводом из эксплуатации блюминга, цеховая энергоемкость которого составляла почти 100 кг у.т./т, позволила достичь экономии топливно-энергетических ресурсов – 90,5 кг у.т./т проката;
- снижение сквозного расходного коэффициента чугуна на прокат с 1,0514 до 0,9547 т/т (почти на 9,2 %), что также обусловлено выводом блюминга из технологического процесса, привело к снижению сквозной заводской энергоемкости на 61,1 кг у.т./т;
- отсутствие расхода изложниц на разливку стали в слитки, а следовательно, и расхода чугуна на изготовление этих изложниц, привело к уменьшению затрат ТЭР на 14,4 кг у.т./т;
- уменьшение сквозного расходного коэффициента агломерата на чугун почти на 14,2 % привело к снижению сквозной заводской энергоемкости на 9,3 кг у.т./т;
- снижение сквозных расходных коэффициентов извести на агломерат и конвертерную сталь (в сумме на 9,6 %) дало экономию 3,1 кг у.т./т.

Сравнение заводской энергоемкости и расходных коэффициентов полуфабрикатов, используемых при производстве сортового проката стана «550», представлено в табл. 2.

Из табл. 2 следует, что использование непрерывно-литой заготовки вместо блюмсов при производстве проката на стане «550» энергоэффективно – экономия ТЭР составляет 180,6 кг у.т./т. В целом по предприятию средний сквозной удельный расход ТЭР на товарный прокат уменьшился на 166,5 кг у.т./т и составил 1018,4 кг у.т./т.

Следует отметить, что экономия топливно-энергетических ресурсов рассчитана с учетом изменения расход-



Таблица 2 – Заводская энергоемкость сортового проката стана «550» и расходные коэффициенты полуфабрикатов до и после изменения структуры производства

Продукт, полуфабрикат	До изменения структуры			После изменения структуры			Экономия ТЭР, кг у.т./т
	расходные коэффициенты		заводская энергоемкость d_z , кг у.т./т	расходные коэффициенты		заводская энергоемкость d_z , кг у.т./т	
	прямой, q_n , т/т	сквозной, q_c , т/т		прямой, q_n , т/т	сквозной, q_c , т/т		
Сортовой прокат		1	216,6		1	216,6	0
Катаная заготовка	1,1065	1,1065	110,5	–	–	–	–110,5
Литая заготовка	–	–	–	1,0797	1,0797	86,7	86,7
Слитки	1,076	1,19059	66,7	–	–	–	–66,7
Изложницы	0,013	0,01548	3,8	–	–	–	–3,8
Чугун на изложницы	1,0881	0,0168	10,6	–	–	–	–10,6
Чугун на сталь	0,8831	1,0514	664,1	0,8843	0,9547	603,0	–61,1
Агломерат	0,893	0,95629	65,9	0,8598	0,8209	56,6	–9,3
Известь*	0,1075	0,11834	32,4	0,1089	0,1069	29,3	–3,1
Прочие энергозатраты**	–	–	36,9	–	–	34,7	–2,2
Всего			1207,4			1026,8	–180,6

* Энергозатраты и расходные коэффициенты с учетом расхода извести на производство конвертерной стали и агломерата
 ** Энергозатраты ремонтных, транспортных и других вспомогательных цехов завода

ных коэффициентов металла, но без учета изменения расхода производных энергоресурсов.

При увеличении сквозного расходного коэффициента чугуна на сталь необходимо произвести большее количество чугуна, а значит, вырабатывать больше дутья и, соответственно, пара ТЭЦ, что обуславливает дополнительные затраты как топлива, так и электроэнергии. Также необходимо учитывать увеличение выхода доменного газа, который является продуктом неполного сгорания кокса в доменной печи и энергетический потенциал которого перекладывается на потребителей в виде затрат с учетом потерь. Но в 2009 г. из-за снижения сквозного расходного коэффициента чугуна на сталь производство жидкого чугуна было снижено на 14 %, что повлекло за собой уменьшение выработки дутья на турбовоздуходувках ТЭЦ-ПВС на 13,8 % и сокращение сквозных затрат ТЭР на его выработку на 26,8 тыс. т у.т., в т.ч. электроэнергии – на 1,6 тыс. кВт·час.

Общая экономия ТЭР при переходе от разлива в слитки на непрерывно-литую заготовку на предприятии составила 140,5 тыс. т у.т., что соответствует 6,4 % от общего потребления ТЭР в 2007 г.

ВЫВОДЫ

Использование методики расчета и анализа сквозной энергоемкости промышленной продукции позволяет проводить объективную оценку энергоэффективности проектов реконструкции и модернизации производства на предприятиях ГМК, нефтепереработки и нефтехимии, на других промышленных предприятиях со сложной технологией производства. Такой анализ изменения энерго-

потребления необходимо проводить на ранних стадиях проектирования, в частности при технико-экономическом обосновании проектов. На примере металлургического завода «А» в Донецкой области показано применение методики расчета и анализа сквозной энергоемкости продукции при изменении структуры производства.

Установлено, что за счет использования непрерывно-литой заготовки вместо блюмсов снижение энергоемкости проката стана «550» составило 15,0 %, стана «360» – 11,8 %, стана «280» – 14,9 %, а энергоемкость слитков увеличилась на 2,7 %.

УкрНТЦ «Энергосталь» разработал и готов поставить промышленным предприятиям программное обеспечение для расчета сквозной заводской и отраслевой энергоемкости, а также оказать научно-методическую помощь в проведении анализа изменения энергозатрат на производимую продукцию и оценке энергоэффективности проектов реконструкции и модернизации производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 р. : розроблено УкрДНТЦ «Енергосталь» та затверджено наказом Міністра промислової політики України від 25.02.2009 р. № 152 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN45377.html.
2. **Маляренко, В.А.** Энергосбережение и энергетический аудит : учеб. пособ. / В.А. Маляренко, И.А. Немировский ; под ред. В.А. Маляренко. – Х. : ХНАГХ, 2008. – 253 с.

3. Энергозбереження. Методика розрахунку витрат паливно-енергетичних ресурсів на металургійних підприємствах з використанням заводської (наскрізної) енергоємності : затверджено наказом Мінпромполітики та Держкоменергозбереження від 30.12.1997 р. № 9/120 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://escosys.narod.ru/2005_7/art171.htm.
4. Свідоцтво про реєстрацію авт. права 17068 Україна. Методика розрахунку витрат паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах гірничо-металургійного комплексу з використанням заводської (наскрізної) енергоємності. Науковий твір / Сталинський Д.В., Литвиненко В.Г., Ботштейн В.А., Грецька Г.М., Андреева Т.А. ; заявник і власник прав УкрДНТЦ «Енергосталь». – № 17150 ; заявл. 27.04.06 ; опубл. 21.06.06, Бюл. № 6. – 27 с.
5. Андреева, Т.А. К вопросу совершенствования системы нормирования топливно-энергетических ресурсов / Т.А. Андреева, В.Г. Литвиненко, А.А. Слисаренко, А.Л. Скоромный, Г.Н. Грецькая // Экология и промышленность. – 2010. – № 2. – С. 55–59.
6. Свідоцтво про реєстрацію авт. права на твір 31079 Україна. Методика расчета и прогнозирования эмиссии парниковых газов на единицу товарной продукции металлургических предприятий / Сталинский Д.В., Литвиненко В.Г., Каневский А.Л., Андреева, Т.А. Слисаренко А.А., Скоромный А.Л. ; заявник і власник прав УкрДНТЦ «Енергосталь». – № 31279 ; заявл. 23.09.09 ; опубл. 23.11.09, Бюл. № 11. – 15 с.
7. Литвиненко, В.Г. Методика прогнозирования эмиссии парниковых газов / В.Г. Литвиненко, А.Л. Каневский, Т.А. Андреева, А.Л. Скоромный, А.А. Слисаренко // Экология и промышленность. – 2009. – № 2. – С. 8–12.
8. Андреева, Т.А. Методика расчета экономии энергоресурсов с использованием сквозной энергоёмкости продукции / Т.А. Андреева, Г.Н. Грецькая, В.А. Жовтянский, В.Г. Литвиненко // Энергосбережение. – 2002. – № 3–4. – С. 20–26.
9. Литвиненко, В.Г. Влияние технологических параметров производства на энергоёмкость проката / В.Г. Литвиненко, В.А. Ботштейн, Т.А. Андреева, Г.Н. Грецькая // Экология и промышленность. – 2006. – № 2. – С. 50–57.
10. Свідоцтво про реєстрацію авт. права 15284 Україна. Компьютерная программа. Комплекс программ по анализу использования ТЭР на основе сквозной заводской энергоёмкости / Андреева Т.А., Литвиненко В.Г., Грецькая Г.Н. ; заявник і власник прав УкрДНТЦ «Енергосталь». – № 15440 ; заявл. 15.11.05 ; опубл. 16.01.06, Бюл. № 1. – 90 с.
11. Ботштейн, В.А. Изменение сквозной энергоёмкости продукции металлургических предприятий при внедрении энергосберегающих мероприятий / В.А. Ботштейн, А.А. Слисаренко, А.Л. Каневский, Т.А. Андреева, Р.А. Перетяцько // Казантип-ЭКО-2010. Экология, энерго- и ресурсосбережение, охрана окружающей среды и здоровье человека, утилизация отходов : сб. тр. XVIII Междунар. науч.-практ. конф., 7–11 июня 2010 г., г. Щелкино, АР Крым : в 2 т. Т. 1 / УкрГНТЦ «Енергосталь». – Х. : НТМТ, 2010. – С. 64–68.

Поступила в редакцию 14.10.2011

Надано підходи до оцінки енергоефективності зміни структури промислового виробництва шляхом використання методики розрахунку наскрізної енергоємності товарної продукції.

Approaches to the assessment of energy efficiency of production structure changes through applying the technique for calculating energy consumption of commercial production are given.