

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФУНКЦИЯ С ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ЗАТРАТАМИ В КАЧЕСТВЕ АРГУМЕНТА ДЛЯ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Тема обеспечения эффективной работы предприятий угольной промышленности красной нитью проходит во всех отраслевых программных документах [1-3]. При этом под эффективностью, как правило, понимается рентабельность работы шахты. Отдавая должное важности этого показателя (см. статью [4]), автор считает, что экономические аспекты эффективности играют преобладающую роль для самостоятельных шахт и горизонтально интегрированных угольных холдингов (предприятий), для вертикально же интегрированных систем и экономики страны в целом, определяющей служит энергетическая эффективность.

Опасения по поводу энергетической неэффективности угледобычи в Донбассе были высказаны еще в восьмидесятых годах XX века – достижение и поддержание высокого уровня добычи угля требовало все больших материальных, трудовых и энергетических затрат. В 1981 г. рассчитанный по совокупности шахт бассейна коэффициент энергетической эффективности, равный отношению полученной из угля энергии к энергозатратам на добычу, обогащение, транспортирование и переработку угля, составил 6,6 кВт·ч на 1 кВт·ч [5]. Это при том, что уже тогда угледобыча с коэффициентом менее 6 оценивалась как энергетически неэффективная. Правда, исследования, проведенные в 1990 г., повысили градус оптимизма: по шахтам производственного объединения "Свердловантрацит" значения коэффициента энергоэффективности оказались равными 8-9, даже при учете энергозатрат, овестьственных в материалах, оборудовании, зданиях, сооружениях и пр. [6]. Однако показатели 2004 г. вновь заставили усомниться в целесообразности разработки отечественных месторождений. Если не брать во внимание

предприятия-лидеры, то на шахтах с пластами пологого залегания отдача от затрат оказалась трехкратной, а на шахтах с крутопадающими пластами – лишь двукратной [7], невзирая на то, что расчеты велись только по прямым расходам тепловой и электрической энергии, понесенным самой шахтой.

Причину следует искать в кризисе угольного производства. За три десятилетия, считая с рекордного для угольной промышленности Украины 1976 г., на предприятиях, составляющих четыре пятых производственного потенциала отрасли, установленная мощность была пересмотрена в сторону уменьшения, как правило, из-за неподготовленности горного хозяйства [8]. Уменьшение объемов производства приводит к нелинейному росту удельной энергоемкости, вплоть до нескольких тысяч киловатт-часов на 1 тонну добытого угля [9]. Такая нелинейность присуща и графику себестоимости угледобычи [10].

Анализ практики распределения и использования субсидий государственными угледобывающими предприятиями говорит о недопонимании сущности указанных явлений и опасности проводимой инвестиционной политики [11, с. 19]. В отдельные годы количество шахт, не имеющих ни одного очистного забоя, доходило до 10% шахтного фонда [12].

Учитывая актуальность и значимость проблемы повышения эффективности шахт, в качестве цели статьи выдвинута разработка методических подходов к построению производственных функций угледобывающих предприятий от энергетических затрат.

"Производственные функции служат полезным инструментом, позволяют производить разнообразные аналитические расчеты, определять эффективность использова-

ния ресурсов и целесообразность их дополнительного вовлечения в производство, прогнозировать выпуск продукции и контролировать реальность плановых проектировок" [13, с. 3].

Теория производственных функций непрерывно совершенствуется [14], но эти достижения не находят широкого применения в реальной микроэкономике. Практикам сложно приложить аппарат многофакторных производственных функций к оптимизации соотношений "затраты-выпуск" предприятий. В лучшем случае эту экономическую характеристику подают как производственную функцию Кобба-Дугласа с аргументами "труд и капитал". Для угольной

шахты так сделано, например, в работе [15, Appendix C].

Простоту и доходчивость однофакторных моделей можно встретить, пожалуй, только в экономике Робинзона Крузо, предложенной в 30-х годах прошлого века учеными лозаннской, ее еще называют математической, школы.

В экономике Робинзона Крузо (рис. 1) производственная функция фирмы – это количественная зависимость $f(z)$ выпуска (выработанного продукта) от затрат трудового времени [16]. Выпуск полезной продукции – ямса – обозначен символом q ; затраты труда – z . Обозначения переменных, расположение осей на диаграмме и др. приняты, как в работе [17].

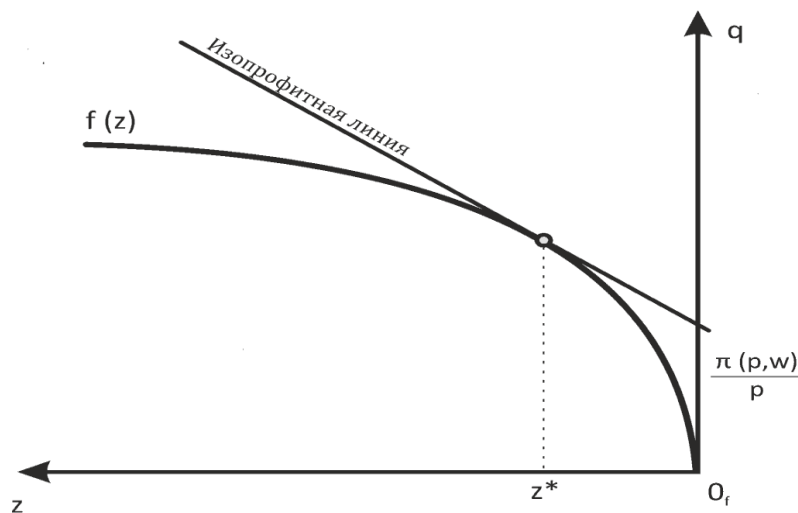


Рис. 1. Производственная функция фирмы

Производственная функция показывает, что чем больше времени работает Робинзон, тем больше получает того же ямса, но количество добавочного полезного продукта от добавочного часа труда уменьшается в силу закона убывающей отдачи или возрастающих предельных издержек.

Цена потребительского товара равна p , цена труда – w . По определению фирма является прайс-тейкером (то есть продающей свою продукцию и приобретающей ресурсы по ценам, определяемым силами, над которыми она не имеет контроля), поэтому оптимальный выпуск зависит от соотношения цен как от параметра.

Предполагается, что производственная деятельность приводит к образованию прибыли π

$$\pi = pf(z) - wz, \quad (1)$$

где π – прибыль фирмы.

Задача фирмы заключается в максимизации прибыли. Оптимальный выпуск z^* есть функция от цены

$$z^* = \arg \max_z \pi(z, p) = z^*(p). \quad (2)$$

В случае вертикально интегрированных структур на базе угольных шахт схема экономики Робинзона претерпевает изменения, поскольку весомая часть полезного продукта становится технологическим ресурсом

для других элементов и подразделений системы (рис. 2). Уголь, образно говоря, возвращается под землю в виде металла, той же арочной крепи, полученного из кокса; через топливную цепочку электростанции. Прибыль – это угольная продукция, оставшаяся в распоряжении производителя после всех понесенных затрат. Для расчета и оптимизации

прибыли требуется знание производственной функции шахты. Желательно, чтобы производственная функция, как и в экономике Робинзона Крузо, была однофакторной. Для этого в качестве аргумента уместно использовать не труд, а затраты энергетических ресурсов.

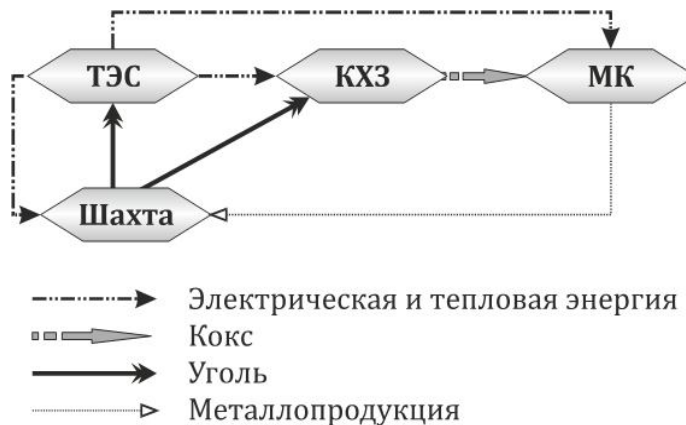


Рис. 2. Рециркуляция угля в межотраслевых комплексах

Однофакторную производственную функцию такого рода удобно представить в виде логарифмической кривой вида

$$s = K_e \ln(A_S) + 1, \quad (3)$$

где s – стандартизованная по производственной мощности шахты добыча угля, долей ед.;

K_e – коэффициент логарифмической функции;

A_S – стандартизованные суммарные затраты угля на производственные нужды, соответствующие объему добычи угля по шахте. Если шахта работает на полную мощность ($s=1$), то и $A_S=1$; в случае $s=0$ значение $A_S=A_0$, так как предприятие несет энергетические затраты по жизнеобеспечению шахты (водотлив, проветривание и др.) даже при отсутствии работ, связанных непосредственно с эксплуатацией лав.

Энергию тела (R) можно представить как сумму двух составляющих – эксергии (Ex) и анергии (A): $R = Ex + A$ [18]. Эксергия (производная от греческого слова "работа", "эргон" и приставки "экс", означающей высшую степень) есть максимальная работа, которую способно совершить тело; часть энергии, которая в данных условиях окружающей среды может быть превращена в любую дру-

гую ее форму. Эксергия измеряется в тех же единицах, что и энергия, работа. Составляющая же A , не может быть преобразована ни в какую другую энергию, что передано в ее звучании – анергия – содержащем греческую отрицательную частицу "а" и то же слово "эргон" – работа. Анергия, в принципе, это не утилизируемые потери, к примеру, энергия вентиляционной струи шахты.

Эколого-энергетическую реструктуризацию украинских шахт проф. В.В. Пак связывал с использованием понятия эксергии [19]. Однако в данной работе эксергия в большей мере воспринимается не как термодинамическая категория, а в следующей аналогии: эксергия – это добытый уголь на выходе вертикально интегрированной производственной системы, ее товарная продукция; анергия, утрированно, – добытый уголь, но израсходованный на снабжение шахты тепловой и электрической энергией, на процессах производства кокса, чугуна, стали, проката; потребленный персоналом всех предприятий в быту. Представленная на рис. 3 схема напоминает диаграмму Грассмана для подсчета эксергии.

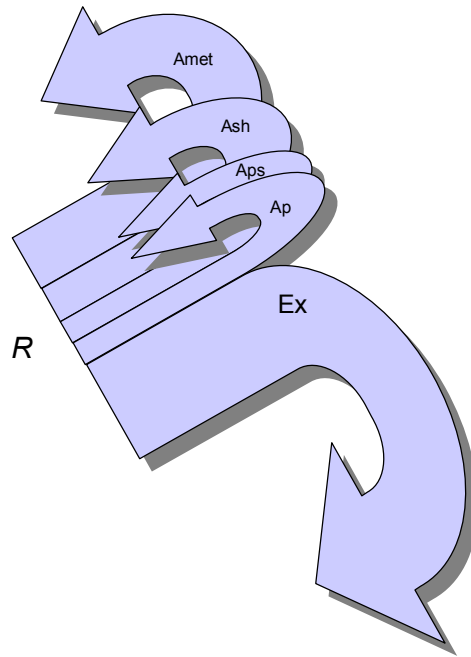


Рис. 3. Диаграмма Грассмана для системы добычи угля и выработки вторичных энергоресурсов

На диаграммах Грассмана энергетические потоки принято изображать в виде "рукавов", ширина которых соответствует их численным значениям.

Элементами диаграммы являются: Ex – нетто-эксергия системы; A_{met} – затраты энергоресурсов (условно в виде угля) на производство металлургической продукции; A_{sh} – то же на процессах угледобычи и обогащения; A_{ps} – то же на функционирование ТЭС и преобразование угля во вторичные энергоресурсы; A_p – то же на обеспечение персонала, занятого обслуживанием системы; R – энергия, заключенная в угольном пласте.

$$Ex = R - A_{pc} - A_{met} - A_p - A_{sh}. \quad (4)$$

В принципе, эксергию, по образу экономических категорий, можно трактовать как энергетическую прибыль системы, занятой производством ресурсов.

Эксергетический к.п.д. системы по добыче и переработке угля равен

$$\eta = \frac{Ex}{R}, \quad (5)$$

где η – эксергетический коэффициент полезного действия системы в целом.

В деталях картина складывается следующим образом. Шахте, чтобы получить запланированное количество угля, необхо-

димо определенное количество электроэнергии. Чтобы доставить такое количество электроэнергии на объект, предприятию, поставляющему электроэнергию угольной компании, необходимо заказать на электростанции объем электроэнергии, превышающий заказанный шахтой на величину потерь электроэнергии в сетях. Электростанции, чтобы удовлетворить запросы фирмы-поставщика, необходимо выработать такое количество ресурсов, чтобы разница покрывала ее собственные потребности в электроэнергии (на собственные нужды ТЭС).

Угольная шахта является крупным потребителем не только электрической, но и тепловой энергии, поэтому для обеспечения работы предприятия часть объема добычи угля должна быть использована как котельное топливо.

Часть угольной продукции добывающее предприятие адресует коксохимическому заводу в качестве шихты для коксования, а также электростанции для выработки генерирующим предприятием электроэнергии, необходимой коксохимическому и металлургическому заводам с учетом покрытия потерь в сетях, а также для обеспечения собственных нужд ТЭС.

Расход топлива на ТЭС зависит от технологической эффективности станции, качества топлива и для украинских электростанций в среднем в три раза превышает выпуск вторичных энергоресурсов в расчетах по условному топливу.

Количество угольного ресурса, затрачиваемого на нужды металлургических производств в соответствии с запросами шахты, зависит от потребностей в металлургической продукции, используемой по технологии угледобычи.

Еще одна часть угля необходима для удовлетворения потребностей персонала металлургической компании в тепловой и электрической энергии.

Кроме того, некоторый объем угля идет на электростанцию для производства электрической энергии, которая овеществляется при производстве вспомогательных материалов, используемых на технологических процессах в шахте, и т.д.

Эксергетическое рассмотрение системы дает четкое и стационарное (не зависящее от состояния рынков) представление относительно эффективности функционирования производства. Например, с помощью диаграммы Грассмана можно рассчитать, что на производство 1 тонны металлопроката с учетом расхода электроэнергии и топлива на ТЭС идет 2,1 т у.т., а не 1,3 т у.т., как показано в работе [20, с. 113], где учтено лишь нетто-потребление электроэнергии по металлургическому заводу. Диаграммы Грассмана позволяют избежать иллюзий, подобных возникающим при рассмотрении горения топлива в среде чистого кислорода, – финальная эффективность процесса даже ниже, чем в воздушной атмосфере, поскольку для получения кислорода из воздуха необходимо совершить дополнительную работу.

Эффективность системы тем выше, чем большую эксергию она имеет в результате преобразования первичного угля.

Если шахта обеспечивает большой нетто-выпуск вторичных энергоресурсов, то, в принципе, можно допустить ее некоторую экономическую убыточность. Если же из добытого шахтой угля на электростанции нельзя получить достаточного количества энер-

гии, а, тем паче, если в результате оказывается меньше электроэнергии, чем затрачено на добычу, обогащение и перевозку угля, то предприятие не имеет права на существование.

В предлагаемом подходе к построению производственной функции базовым элементом является объем потребления шахтой электроэнергии.

Предприятия существенно отличаются друг от друга по прямому расходованию электроэнергии на добычу угля (рис. 4). Самыми энергозатратными являются предприятия пятого по классификации, принятой в работе [21], кластера – мощные глубокие шахты на пластах крутого падения (гг. Горловка и Дзержинск); самыми энергоэкономными – шахты четвертого кластера – маломощные и неглубокие. Во второй кластер также входят шахты, разрабатывающие пласты крутого падения, но не столь производственно мощные, как шахты пятого кластера (енакиевская группа шахт).

Обработка данных наблюдений, опубликованных в работе [6, с. 16-17], приводит к выводам относительно затрат электроэнергии на обогащение угля, на его перевозку по железной дороге, а также о количестве овеществленной электроэнергии в израсходованных материалах, зданиях и сооружениях, внедренном за год оборудовании. В процентном исчислении эти показатели соответственно равны 11,1±3,0; 5,1±0,9; 65,3±8,6; 6,6±1,2; и 10,6±1,8 % от прямых затрат электроэнергии по шахте.

На обеспечение шахты электроэнергией необходимо затратить

$$A_3 = \frac{A_1 \cdot (1 + \rho) \cdot (1 + \lambda) \cdot (1 + \phi)}{\eta_{PS}}, \quad (6)$$

где A_3 – общие затраты электроэнергии по шахте с учетом выработки энергетического ресурса на ТЭС и доставки по электросетям, тыс.т у.т.;

A_1 – прямые затраты электроэнергии по шахте, тыс.т у.т.;

ρ – затраты электроэнергии на процессах обогащения, транспорта, овеществленные в материалах, зданиях и сооружениях, долей ед.;

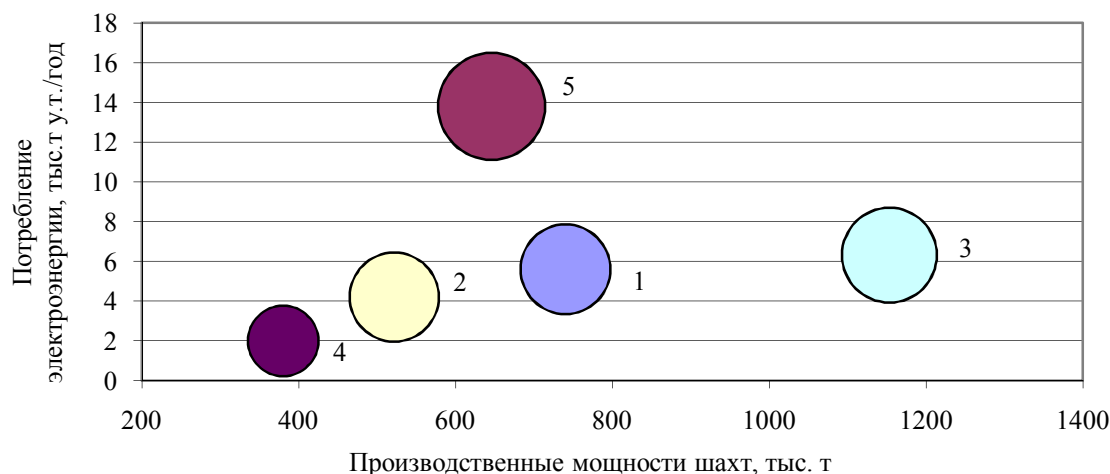


Рис. 4. Потребление электроэнергии на добычу угля по кластерам шахт

λ – потери электроэнергии в сетях, долей ед.;

φ – расход электроэнергии на собственные нужды ТЭС, долей ед.;

η_{PS} – эксергический к.п.д. тепловой электростанции.

Величина, обратная эксергическому к.п.д. электростанции, по сути, кратность расхода топлива, обусловлена эффективностью его переработки на ТЭС и может быть принята равной приблизительно 3, что обусловлено удельным расходом топлива 378 г у.т./кВт·ч (средним по НАК "ЭКУ" [22, с. 69]).

$$\frac{1}{\eta_{PS}} = \frac{\gamma}{123} \quad (7)$$

где γ – удельный расход топлива на электростанции, г у.т./кВт·ч.

Чтобы снабдить электроэнергией шахту из пятого кластера, потребляющую 16 тыс. т у.т., на электростанции в течение года необходимо переработать 57 тыс. т у.т. энергетических ресурсов.

Угольные шахты являются не только крупными потребителями электрической, но и тепловой энергии, а также моторного топлива. На основании регрессионного анализа данных ряда самостоятельных шахт и угольных предприятий установлено что суммарные затраты топлива (угля в котельных, бензина и дизельного топлива) сопоставимы с расходом электрической энергии. С высокой

степенью точности эту зависимость можно представить в виде

$$F_{Sh} = 1.133 \cdot A_1, \quad (8)$$

где F_{Sh} – суммарные затраты топлива на добычу угля, тыс. т у.т.

Расчет необходимого количества металлопроката по шахте, разрабатывающей пласты пологого залегания, допустимо производить по формуле [23, с. 8]

$$Q_{MET} = 10^{-3} \cdot l_1 \cdot P \cdot s \cdot (2.5 + 1.3k_p), \quad \text{тыс. т}, \quad (9)$$

где P – производственная мощность шахты, тыс. т;

l_1 – удельное соотношение между объемом добычи угля и развитием подготовительных работ за год (6,5 м/тыс. т);

k_p – коэффициент соотношения развития проходческих работ и работ по ремонту выработок (по опыту может быть принят равным 0,5).

Уголь, подлежащий переработке на металлургический кокс (F_{MET}), расходуется в количестве 0,64 т у.т. на 1 т металлопроката [24, с. 157].

Особым местом является расход энергоресурсов на обеспечение персонала предприятий. К рассмотрению, в принципе, следует принимать потребление и электрической, и тепловой энергии, однако потребление угля на отопление в быту явно превалирует. В соответствии с нормами Горного Закона Украины [25, ст. 43] все работники угледобывающих (углеперерабатывающих) и углестроительных предприятий наделяются правом

получения бесплатного угля на бытовые нужды в количестве 5,9 т угля на 1 человека, что может быть приравнено к 4,2 т у.т.

Рабочих, занятых на металлургических, коксохимических заводах, электростанциях, в части, относящейся к добыче угля, допустимо рассматривать как персонал, участвующий в производстве угля на основании аутсорсинговых соглашений.

$$F_p = 10^{-3} \cdot N_p \cdot f_p, \quad (10)$$

где F_p – годовой расход котельно-печного топлива на содержание персонала, тыс. т у.т.;

f_p – удельный расход котельно-печного топлива, т у.т./чел.;

N_p – суммарное количество персонала, чел.

Если обозначить сумму основных энергетических расходов как

$$A(s) = A_3 + F_{MET} + f_p N_p + F_{Sh}, \quad (11)$$

то

$$A_s = A(s) / A(s=1), \quad (12)$$

где $A(s=1)$ – энергетические затраты при полной загрузке основных фондов шахты.

Для нахождения значения K_e удобно воспользоваться графоаналитическим способом: найти значения $A(s)$ – суммарные энергетические издержки шахты – в режимах $s = 0$ и $s = 1$ и построить график логарифмической зависимости (3).

На рис. 5 сопоставлены производственные функции шахт из пятого и четвертого кластеров.

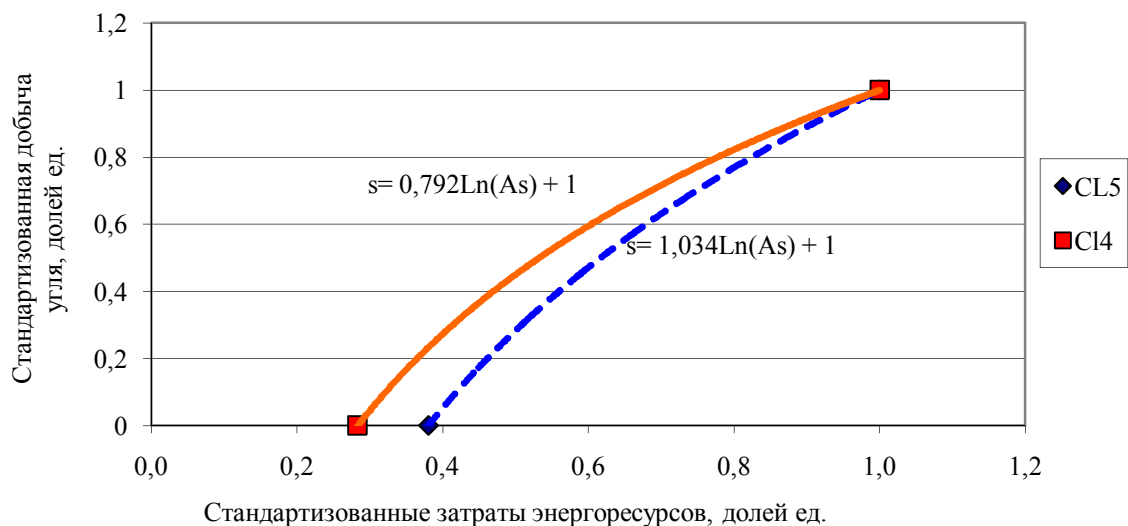


Рис. 5. Производственные функции шахт четвертого и пятого кластеров

Более мощные и более энергозатратные шахты пятого кластера имеют более эластичную ("мягкую") производственную функцию ($K_e=1,034$). Соответствующий коэффициент для шахты из четвертого кластера – $K_e=0,792$. Малым по мощности шахтам на пластах пологого залегания требуется (в относительном исчислении) большее приращение энергетических затрат, чтобы существенно нарастить добычу угля. На шахтах же, разрабатывающих пласты крутого падения, приращение добычи идет на фоне менее интенсивного вовлечения в оборот энергетических ресурсов.

В табл. 1 показаны условия оптимальной работы шахт, относящихся к разным

кластерам, при различной эффективности работы ТЭС. Результаты получены с помощью модуля "Поиск решения" программного продукта MS Excel.

Достижение максимально высокого энергетического к.п.д. требует регулирования режимов работы шахт из четвертого кластера, имеющих более жесткую производственную функцию. Оптимальные значения стандартизованной добычи угля для таких предприятий находятся в диапазоне 0,71...0,76. Для шахт же из пятого кластера главное условие выхода на эффективный режим работы – максимально возможное увеличение годовых объемов добычи. Такая задача является весьма сложной, поскольку требует зна-

чительного объема капитальных вложений и привлечения людских ресурсов. Поэтому основная часть шахт государственного сек-

тора функционируют с низкими производственными нагрузками и их эксергетический к.п.д. крайне низок.

Таблица 1

Оптимальные режимы работы шахт

Условия оптимизации	Оптимальная стандартизованная добыча, долей ед.	Оптимальный эксергетический к.п.д., долей ед.	Оптимальная эксергия, тыс. т у.т
Шахта 4 кластера, высокая эффективность ТЭС	0,709	0,932	201
Шахта 5 кластера, высокая эффективность ТЭС	0,948	0,836	412
Шахта 4 кластера, низкая эффективность ТЭС	0,756	0,903	208
Шахта 5 кластера, низкая эффективность ТЭС	0,989	0,731	377

Для примера на рис. 6 показана диаграмма Грассмана функционирующей в опти-

мальном режиме шахты из четвертого кластера.

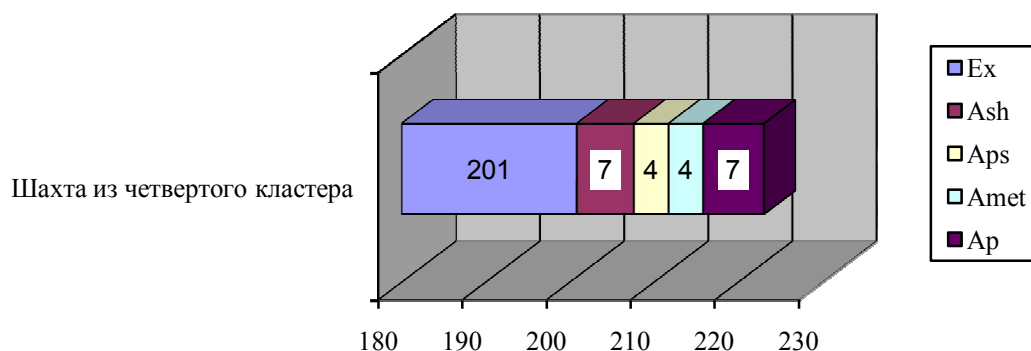


Рис. 6. Диаграмма Грассмана для шахты четвертого кластера

Из полученных за год гипотетической шахтой 300 тыс. т рядового угля собственно угледобывающее предприятие на технологические нужды расходует 7 тыс. т у.т. угольной продукции; 4 тыс. т у.т. уходит на электростанцию; 4 тыс. т у.т. – на металлургическое производство и 7 тыс. т у.т. – на бытовые нужды персонала. Фактический полезный выход шахты составляет 201 тыс. т у.т.

В реальности показатели шахт далеки от оптимальных. При средней для отечественных ТЭС норме 380 г у.т./кВт·ч из одной тонны условного топлива можно получить 2632 кВт·ч электроэнергии, что соответству-

ет 323 кг у.т. По кумулятивной кривой (рис. 7), построенной в соответствии с положениями, опубликованными в работе [26], видно, что есть ряд точек, расположенных выше линии среднего выпуска электроэнергии на ТЭС. Это шахты, функционирование которых энергетически не оправданно – они потребляют на добычу угля больше энергоресурсов, чем из этого топлива можно выработать на ТЭС. В Украине, если даже не учитывать шахты так называемой третьей группы (переданных на закрытие) и шахты, входящие в группу коксового назначения, таких наберется свыше двух десятков.

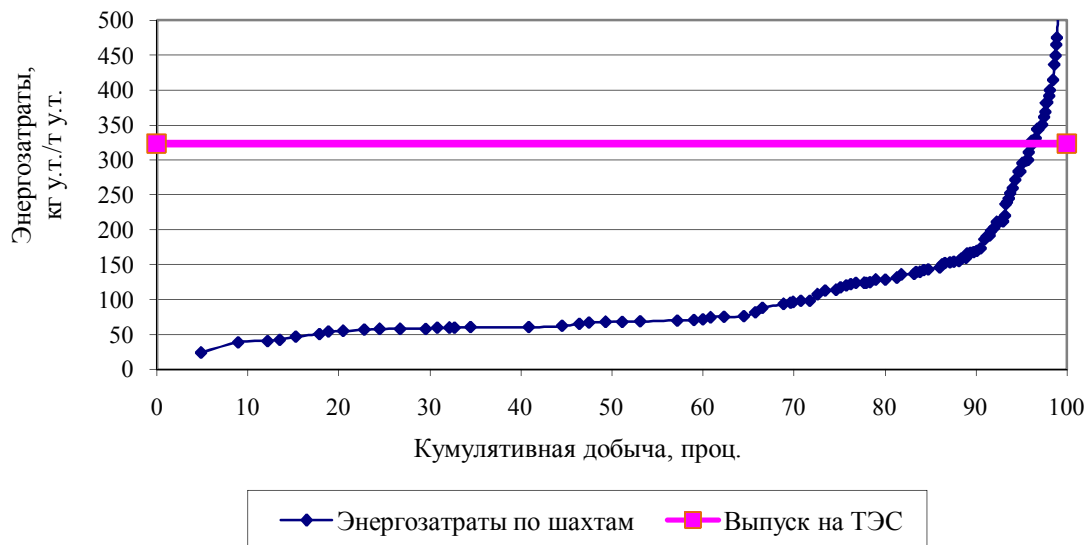


Рис. 7. Эффективность шахт энергетического назначения, рассчитанная по фактическим данным

Таким образом, в статье показан методический подход к построению для угольной шахты производственной функции с энергетическими затратами в качестве аргумента, что дает возможность оценивать системную энергетическую эффективность работы предприятия и планировать оптимальные режимы его эксплуатации.

Литература

1. Програма «Українське вугілля»: Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2001 р. № 1205 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1205-2001-%D0%BF>.
2. Програма економічних реформ України на 2010-2014 рр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dt.ua/2000/2020/69596>
3. План-графік реформ. Напрямок "Реформа вугільної галузі": Схвалено наказом Мінвуглепрому від 22.07.2010 р. № 270 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mvp.gov.ua/mvp/control/uk/publish/category?cat_id=83903.
4. Cherevatskyi D.Yu. Production Function of a Coal Mine and Economic Efficiency of its Operation / D.Yu. Cherevatskyi, O.I. Atabyukov // Економічний вісник Донбасу. – 2012. – № 4. – С. 58-62.

5. Ржевский В.В. Энергетическая эффективность угледобычи в Донбассе / В.В. Ржевский, Г.М. Галуцкий // Уголь Украины. – 1984. – № 11. – С. 15-16.

6. Сургай Н.С. Оценка состояния и перспектив развития шахтного фонда Украины с использованием нестоимостных критериев эффективности / Н.С. Сургай. – Донецк: ЦБНТИ угольной промышленности, 1990. – 47 с.

7. Ляшенко О.Ф. Оцінка енергетичної ефективності вуглевидобування в Україні, та напрями її підвищення / О.Ф. Ляшенко, В.М. Макаров // Проблеми загальної енергетики. – 2006. – № 13. – С. 17-23.

8. Амоша А.И. Уникальный опыт использования шахтного фонда на конкретных примерах работы предприятий угольной промышленности Украины / А.И. Амоша, Д.Ю. Череватский, В.Ф. Черкасов // Глюкауф: на русск. языке. – 2011. – № 3. – С. 47-50.

9. Филиппов А.М. К вопросу об энергоёмкости добычи угля / А.М. Филиппов, Д.Ю. Череватский, М.Е. Григорюк // Работы Донуги. – Донецк: Донуги, 1999. – Вып. 103. – С. 100-104.

10. Скубенко В.П. Проявление нелинейности экономических и энергетических характеристик предприятия при сокращении выпуска продукции / В.П. Скубенко // Эко-

номіка промисловості.– Донецьк: ІЕП НАН України. – 2000. – С. 197-206.

11. Державна підтримка та перспективи інноваційного розвитку і структурних перетворень вугільної промисловості / О.І. Амоша, А.І. Кабанов, Л.Л. Стариченко та ін.; НАН України, Ін-т економіки пром-сті.– Донецьк, 2009. – 326 с.

12. Галузь треба рішуче підіймати. З доповіді Міністра вугільної промисловості С.Б. Тулуба // Сбойка. – 2006. – № 8. – С. 18-19.

13. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение / Г.Б. Клейнер.– М.: Финансы и статистика, 1986. – 239 с.

14. Ершов Э.Б. Композитные производственные функции / Э.Б. Ершов // Экономический журнал ВШЭ.– 2013.– Т. 17.– № 1.– С. 108-129.

15. Burton Mark. Coal Production Forecasts and Economic Impact Simulations in Southern West Virginia: A Special Report to the West Virginia Senate Finance Committee Senator Oshel Craigo Chair / Mark Burton, Michael Hicks, Calvin Kent [Electron resource].– Order to access: <http://muwww-new.marshall.edu/cber/research/cproduction/Appendix%20C.pdf> .

16. McFadden D. Robinson Crusoe meets Walras and Keynes / Daniel McFadden.– Berkley : Department of Economics, University of California, 1975. – 21 с.

17. Сонин К. Микроэкономика: Теория общего равновесия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pages.nes.ru/ksonin/Lecture%20Micro%20GE%201.pdf> .

18. Шаргут Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела.– М. : Энергия, 1968.– 279 с.

19. Пак В.В. Стратегическое направление эколого-энергетической реструктуризации шахт / В.В. Пак, В.Б. Гого // Уголь Украины. – 1997. – № 10. – С. 26-27.

20. Микитенко В.В. Формування комплексної системи управління енергоефективністю у галузях промисловості: моногр. / В.В. Микитенко. – К.: Укр. Видавничополіграфічна компанія "Екс.Об.", 2004. – 336 с.

21. Скубенко В.П. Кластерный анализ потребления электроэнергии на угольных шахтах Украины / В.П. Скубенко, Д.Ю. Череватский // Экономика промышленности. – Донецк : ИЭП НАН Украины, 1997. – С. 219-238.

22. Электроэнергетика // Энергобизнес. – 2006. – № 35-36. – С. 64-87.

23. Качко Ф.Я. Организация грузопотоков и оптимизация транспортных грузовых процессов расходных складов шахт: автореф. дис. ... на соиск. науч. степени канд. техн. наук / Ф.Я. Качко; Днепропетровский горный институт. – Днепропетровск, 1988. – 16 с.

24. Экономические проблемы черной металлургии Украины: моногр. / Под общ. ред. С.С. Аптекаря, А.И. Амоши. – Донецк : ДонГУЭТ, 2005.– 383 с.

25. Гірничий Закон України // Відомості ВР України. – 1999. – № 5. – Ст. 433.

26. Череватский Д.Ю. О нефинансовых методах оценки эффективности угольных шахт / Д.Ю. Череватский, О.И. Атабеков // Стратегія і механізми регулювання промислового розвитку: Зб. наук. пр. – Донецьк: ІЕП НАН України, 2009. – С. 152-163.

Представлена в редакцію 22.01.2013 г.