

ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ ПРОМИСЛОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

УДК 338.45:622.24

Александр Иванович Амоша,
академик НАН Украины
Институт экономики промышленности НАН Украины, Донецк,
Владимир Васильевич Радченко,
канд. техн. наук
ГП "УкрНИИпроект", КИЕВ,
Сергей Анатольевич Зинченко,
Евгений Александрович Юшков
ПрАО "Донецксталь"

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОТОЧНЫХ СКОРОСТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ

Особенностью ряда производственных процессов является комменсалистическая зависимость, при которой результаты одного процесса оказывают влияние на результаты другого. Так, на современных угольных шахтах высокий уровень добычи угля необходим для обеспечения приемлемой финансовой доходности инвестиций. Растущие темпы добычи угля зачастую приводят к более высоким объемам выбросов сопутствующих газов, в том числе метана. Устойчивая добыча угля не должна ограничиваться неспособностью предотвратить в шахтах появление концентраций газа, которые превышают предельные нормы безопасности, и ставиться под угрозу из-за неконтролируемых происшествий, связанных с присутствием газа.

Нарушение норм газовой безопасности ведет к повышению расходов, связанных с выплатой штрафных санкций, и подвергает опасности жизни людей. Следовательно, успешное управление газовой безопасностью – ключевой фактор в обеспечении рентабельности газообильных угольных шахт.

Вопросам эффективности управления газовой безопасностью и совершенствования дегазации угольных шахт посвящено множество работ отечественных и зарубежных специалистов, в том числе А.И. Амоши, О.Д. Кожушка, В.А. Турчина, С.В. Сластунова [1-5] и др. Однако проблема остается актуальной из-за сложностей выполнения технологических операций по дегазации и обеспечения контроля ее эффективности.

Целью данной статьи является определение зависимости между скоростью процессов бурения для дегазации шахт и конечным результатом их деятельности и обоснование экономической эффективности этих процессов.

Опыт, накопленный на угольных шахтах, показывает, что инвестиции во внедрение «подходящей практики» эксплуатации систем дегазации позволяют сократить простои, связанные с проблемами газовой безопасности, повысить безопасность условий добычи и создать возможности для утилизации больших объемов газа и сокращения выбросов. При этом эффективная дегазация позволяет снизить уровень взрывоопасности по газу и, следовательно, уменьшить опасность возникновения аварий. Снижение таких рисков в свою очередь приводит к сокращению сопутствующих затрат. Например, ограничения, связанные с высокой газообильностью выработок, которая в среднем на 10 % сокращает эффективное рабочее время предприятия из-за замедления или остановок добычи, могут привести к потере доходов угольного предприятия в размере от 8 до 16 млн дол. США в год [8].

При этом используют различные способы дегазации, из которых наиболее эффективной является предварительная дегазация углеводородного массива. Время, необходимое для достаточной дегазации угольного пласта, напрямую зависит от его проницаемости. Чем меньше проницаемость угля,

© А.И. Амоша, В.В. Радченко,
С.А. Зинченко, Е.А. Юшков, 2013

тем больше времени необходимо для проведения процедур дегазации с целью снижения газоносности до требуемого среднего значения. Наоборот, для углей с низкой проницаемостью требуется бурение значительно большего числа скважин с той целью, чтобы до начала проведения горных работ снизить уровни газоносности по метану до желательных. Факторами, которые в конечном итоге определяют осуществимость предварительной дегазификации в условиях конкретного объекта, являются имеющееся время для разгазирования и расходы на бурение.

Следовательно, в этом случае можно выделить два процесса, которые находятся в прямой зависимости – дегазация (и связанный с ней процесс бурения скважин) и непосредственно добыча угля. Скорость осуществления первого процесса будет определять скорость подвигания очистного забоя и соответственно уровень добычи угля. Поэтому особое значение приобретает скорость и эффективность процесса бурения, которые зависят от величины капитала предприятия: более функциональное, а следовательно, и дорогостоящее оборудование и связанные с ним значительные расходы обеспечивают меньшее время бурения по сравнению с менее функциональным оборудованием. Данная обратная зависимость между факторами производства обуславливает необходимость решения следующих задач:

1) оценить влияние фактора времени на результат производственного процесса, рассматривая время как отдельный фактор производства;

2) найти значение капитала¹ предприятия, которое будет соответствовать заданной величине временного фактора и обеспечивать оптимальную комбинацию капитала и времени для минимизации затрат.

Согласно базовым постулатам экономической теории процесс производства зависит от факторов производства, цен на них и соответствующей технологии. Зависимость между количеством используемых факторов производства и максимально возможным при

¹ Под капиталом предприятия понимается совокупность основных фондов предприятия и оборотных средств, необходимых для обслуживания производственного процесса.

этом выпуском продукции является производственной функцией $f(\cdot): R \rightarrow \mathfrak{R}$, представляющей технологию Y , если при каждом $r \in R$ величина $f(r)$ является значением следующей задачи²:

$$y^0 \rightarrow \max_{y^0} \quad (1) \\ (-r, y^0) \in Y$$

где Y – технологическое множество;

R – проекция технологического множества Y на пространство векторов затрат, т.е.

$$R = \{r \in \mathfrak{R}^n \mid \exists y^0 \in \mathfrak{R} : (-r, y^0) \in Y\},$$

где r – объемы выпусков, $r \in \mathfrak{R}_+^n$;

y – объемы выпусков, $y \in \mathfrak{R}_+^m$;

n – число факторов производства;

m – число видов выпускаемой продукции.

В классической постановке все факторы производства представлены в виде трех агрегатов: труд, капитал и уровень научно-технического прогресса. Однако исследования последних лет [9] показывают, что наравне с данными факторами существенное значение приобретают интеллектуальный капитал, предпринимательские способности и время: «... время, как фактор производства, является особым экономическим ресурсом, хотя оно имеет универсальный характер. Без наличия времени не протекает никакая деятельность, ... и в системе экономических отношений время всегда количественно ограничено и невозпроизводимо» [10]. Данное замечание имеет особое значение для последовательных производственных процессов, в которых началу одного процесса предшествует окончание другого. К таким процессам относят процесс бурения для дегазации шахт. В этом случае при прочих равных условиях скорость процесса бурения будет определять скорость продвижения шахтной лавы, т.е.

² Следует отметить, что любая точка эффективной границы технологического множества имеет вид $(-r, f(r))$. Обратное верно, если $f(r)$ является возрастающей функцией. В этом случае $y^0 = f(r)$ является уравнением эффективной границы.

будет одним из факторов, определяющих пропускную способность шахты. Поскольку в этом случае конечный результат зависит от скорости работ по бурению, то время может выступать одним из факторов производственной функции данного процесса. Таким образом, производственная функция процесса поточных скоростных технологий бурения может иметь вид

$$Q = H^\alpha K^\beta, \quad (2)$$

где H – время, необходимое на производство одной единицы продукции;

K – капитал;

α, β – параметры производственной функции.

В свою очередь зависимость между объемами производства и минимально необходимыми для этого затратами представляет собой функцию затрат. Переход от производственной функции к функции затрат предполагает формализацию вида производственной функции, ее денежную оценку, построение обратной функции, которая и будет функцией затрат.

Для каждого вектора y множество затрат $V(y)$ – это множество векторов затрат факторов производства, которые обеспечивают выпуск при данном технологическом множестве Y , т.е.

$$V(y) = \{r \mid (-r, y) \in Y\}.$$

При этом функция издержек должна соответствовать следующим требованиям:

1) положительно однородна первой степени по ценам факторов производства

$$c(\eta w, y) = \eta c(w, y) \quad \forall y, \forall w \in W(y);$$

2) вогнута по ценам факторов производства на любом выпуклом подмножестве множества $W(y)$;

3) монотонна по ценам факторов и выпуску продукции;

4) непрерывна по ценам на внутренности множества $W(y)$, $\text{int } W(y)$.

На практике функция затрат, соответствующая обозначенным выше требованиям, может быть представлена следующим образом:

$$Z = r_H H + r_K K, \quad (3)$$

где r_H, r_K – цены единиц факторов производства (константа).

Согласно положениям микроэкономики предприятие в долгосрочном периоде стремится минимизировать свои издержки. Это означает, что для получения функции затрат можно воспользоваться функцией Лагранжа

$$\Phi = r_H H + r_K K - \lambda(H^\alpha K^\beta - Q), \quad (4)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Минимум функции достигается при равенстве частных производных по H и K нулю

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi}{\partial H} = r_H - \lambda \alpha K^\beta H^{\alpha-1} = 0 \\ \frac{\partial \Phi}{\partial K} = r_K - \lambda \beta H^\alpha K^{\beta-1} = 0 \end{cases}. \quad (5)$$

Исходя из данной системы уравнений, величина фактора производства (K) равна

$$K = \frac{\beta r_H}{\alpha r_K} H. \quad (6)$$

При этом значение фактора определяется следующим образом:

$$H = Q^{1/\alpha} K^{\beta/\alpha}. \quad (7)$$

Кривая общих затрат в долгосрочном периоде, соответствующая минимальным общим затратам, имеет вид

$$LTC = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1}{\alpha+\beta}}. \quad (8)$$

При этом величина средних затрат составит

$$LAC = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}}. \quad (9)$$

Кривая предельных затрат в долгосрочном периоде имеет вид

$$LMC = \left(\frac{r_H}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left(\frac{r_K}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}}. \quad (10)$$

Графически данные кривые приведены на рис. 1.

Совмещение технологических и финансовых возможностей предприятия в долгосрочном периоде осуществляется с помощью объединения карт изоквант и изокост (рис. 2).

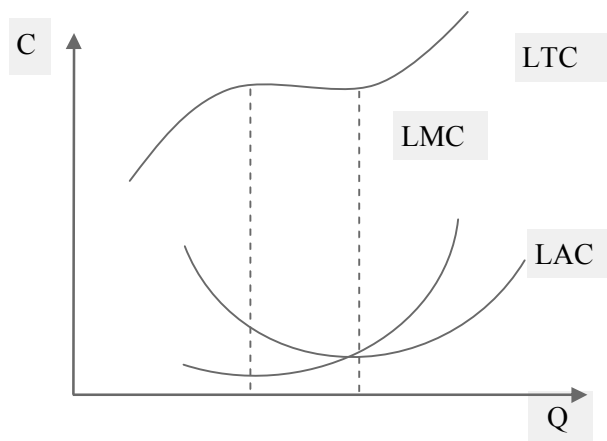


Рис. 1. Кривые общих и средних затрат в долгосрочном периоде

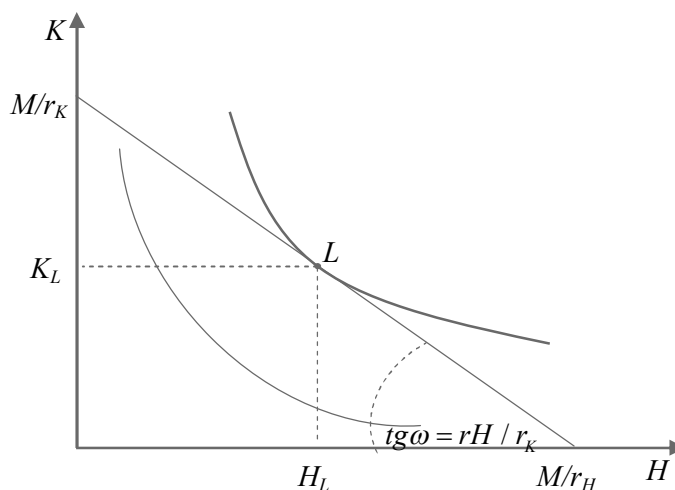


Рис. 2. Карта технологических и финансовых возможностей предприятия

Точка касания изокосты и изокванты (L) определяет комбинацию факторов производства, которая обеспечивает минимальные затраты на заданный объем производства либо позволяет решить обратную задачу – максимально возможный выпуск при фиксированной сумме затрат. Решение данной задачи соответствует равновесию производителя – производство в долгосрочном периоде с минимальными издержками. Данное состояние наблюдается при равенстве отношений предельных производительностей факторов производства и цен на эти факторы

$$\frac{MP_H}{MP_K} = \frac{r_K}{r_H}.$$

В свою очередь функция предложения выражает зависимость между объемом производства и объемами факторов, определяющих это количество. Начало данной функции расположено в точке пересечения кривых средних и предельных затрат (U). Это связано с тем, что производство ниже этой точки не покрывает все затраты предприятия. Поэтому чем ниже расположена данная точка, тем выше запас финансовой прочности у предприятия и в более выгодном положении по сравнению с конкурентами оно находится (рис. 3).

Определим, каким образом факторы производства влияют на координаты данной точки. Для нахождения точки пересечения приравняем эти кривые между собой

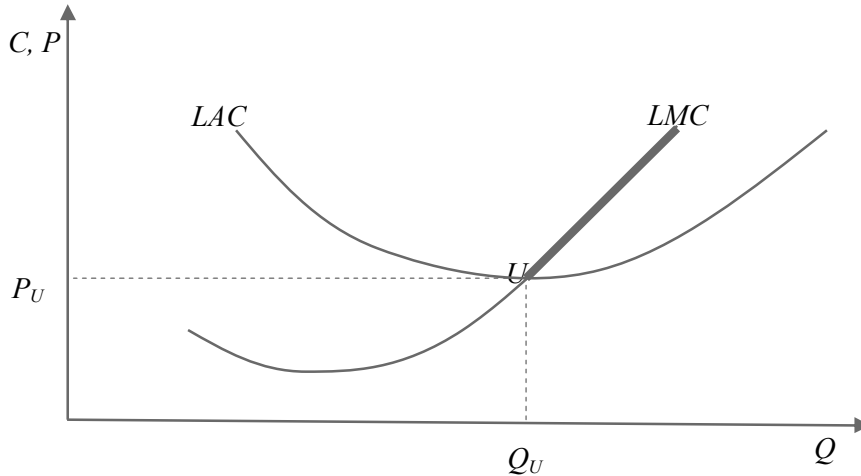


Рис. 3. Кривая предложения в долгосрочном периоде

$$\begin{aligned}
 \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} &= \left(\frac{r_H}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left(\frac{r_K}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} \Rightarrow \\
 \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (H^\alpha K^\beta)^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} &= \left(\frac{r_H}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left(\frac{r_K}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} \Rightarrow \\
 Q^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} &= \frac{\frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (H^\alpha K^\beta)^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}}}{\left(\frac{r_H}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left(\frac{r_K}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}}} \Rightarrow \\
 Q^S &= \sqrt[\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}]{\frac{\frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (K^\beta)^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}} (H^\alpha)^{\frac{1-\alpha-\beta}{\alpha+\beta}}}{\left(\frac{r_H}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \left(\frac{r_K}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}}}}.
 \end{aligned} \tag{11}$$

Таким образом, полученная зависимость позволяет утверждать, что уменьшение времени производства (правая часть зависимости) при неизменных значениях капитала (цены факторов производства постоянны, коэффициенты производственной функции тоже) позволяет уменьшить начальное значение кривой предложения. Поэтому предприятие, которое уменьшает время производства продукции (при том, что сам объем производства остается неизменным), получает дополнительный запас финансовой прочности или дополнительную прибыль по

сравнению с предприятиями с большими затратами времени.

Следует отметить, что между капиталом и временем производства имеется обратная зависимость: рост капитала позволяет уменьшить время производства, при этом недостаток капитала может компенсироваться увеличением времени производства. Для того чтобы определить количество капитала, необходимого для сокращения времени производства, воспользуемся формулой общих затрат. Как отмечено ранее, данная зависимость показывает следующий минимально необходимый объем факторов производства:

$$LTC = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (H^\alpha K^\beta)^{\frac{1}{\alpha+\beta}} \Rightarrow LTC = \frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} \Rightarrow$$

$$K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} = LTC / \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} r_H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} r_K^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} H^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \right) \Rightarrow K^* = \sqrt[\frac{\beta}{\alpha+\beta}]{LTC / \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha} \left(\frac{\alpha}{\beta} r_K \right)^{\frac{\beta}{\alpha+\beta}} (r_H H)^{\frac{\alpha}{\alpha+\beta}} \right)}$$
(12)

Следовательно, чтобы затраты предприятия были на минимальном уровне, необходимо, чтобы фактическое значение капитала (K_{fact}) было не более оптимального (K^*).

Таким образом, выведена зависимость между доходами, полученными в результате процесса бурения, в виде кривой предложения и временем бурения как особой экономической категории данного производственного процесса. Она позволяет оценить направление и силу влияния фактора времени бурения на конечные результаты деятельности предприятия.

Кроме того, выявлена зависимость между размером минимально необходимого капитала предприятия, требуемого для бурения, и заданной величиной времени, затрачиваемого на бурение одной скважины. С ее помощью можно определить необходимое значение капитала предприятия, обеспечивающее минимальные затраты предприятия, связанные с процессом бурения. Полученные зависимости могут служить основой для построения системно-динамических моделей экономического процесса бурения скважин для предварительной дегазации.

Литература

1. Амоша А.И. От промышленного предприятия к промышленному парку: смена парадигмы на примере ш/у «Покровское» / А.И. Амоша, О.Д. Кожушок, В.В. Радченко и др. // *Економіка промисловості*. – 2013. – № 1-2 (61-62). – С. 13-17.
2. Кожушок О.Д. Эффективность использования бурового оборудования при сооружении дегазационных скважин / О.Д. Кожушок, С.А. Зинченко, В.Л. Шевелев, М.Г. Черман // *Уголь Украины*. – 2013. – № 6. – С. 7-10.
3. Турчин В.А. Внедрение методов скоростного бурения дегазационных скважин

/ В.А. Турчин, Е.Н. Халимендилов, В.Л. Шевелев, В.И. Пилипец // *Уголь Украины*. – 2013. – № 7. – С. 20-22.

4. Сластунов С.В. Заблаговременная дегазация и добыча метана из угольных месторождений / С.В. Сластунов. – М.: Изд-во МГГУ, 1996. – 441 с.

5. Пучков Л.А. Перспективы промышленного извлечения угольного метана / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов, Г.М. Презент // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – М.: Изд-во МГГУ, 2002. – № 6. – С. 6-10.

6. Black D. Reducing Coal Mine GHG Emissions Through Effective Gas Drainage and Utilisation / D. Black, N. Aziz // 2009 Coal Operators Conference, Australian Institute of Mining and Metallurgy, Illawarra Branch. – 2009. – P. 271-224.

7. Kissell F.N. Handbook for Methane Control in Mining / F.N. Kissell. – Pittsburgh, PA (U.S.): Pittsburgh Research Laboratory, National Institute for Occupational Safety and Health, 2006. – 191 p.

8. Best Practice Guidance for Effective Methane Drainage and Use in Coal Mines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/cmm/pub/BestPractGuide_MethDrain_es31.pdf.

9. Gentile B. The New Factors Of Production And the Rise of Data-Driven Applications [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.forbes.com/sites/ciocentral/2011/10/31/the-new-factors-of-production-and-the-rise-of-data-driven-applications/>.

10. Войтов И.В. Экономическая эффективность инновационной деятельности: проблемы, методы и решения / И.В. Войтов, М.А. Гатих, А.В. Унукович и др. // *Новости науки и технологий*. – 2012. – № 1 (20). – С. 34-45.

Представлена в редакцию 03.09.2013 г.