

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Угольная отрасль относится к одной из капиталоемких. Ее потенциал образуют угледобывающие предприятия (угольные шахты). Сегодня шахтный фонд Украины состоит из 134 шахт, из которых 90 шахт относятся к государственной форме собственности, 44 – негосударственной. В 2011 г. добыто 82,0 млн т угля, из которого шахты негосударственной формы собственности добыли

43,6 млн т (53,2%) [1]. Производственный потенциал отрасли обеспечивает количество действующих шахт. Производственную мощность шахты обеспечивает количество одновременно действующих очистных забоев и нагрузка на них. Поддержание производственной мощности шахт обеспечивается перманентным воспроизводством очистных забоев (табл. 1) [1].

Таблица 1

Показатели работы угольных шахт

Шахты	Производственная мощность, тыс. т/год	Мощность пласта, м	Нагрузка на очистный забой, т/сутки	Количество очистных забоев	
				действующих	подготавливаемых
Краснолиманская	2500,0	1,8	1200,0	3,7	8,6
Красноармейская Западная	3000,0	1,6	2000,0	8,0	7,3
Шахта им. А.Ф. Засядько	1500,0	1,4	1000,0	3,9	7,8
Южно-Донбасская №1	1500,0	1,3	1500,0	2,7	4,0
Ш/у «Луганское»	1900,0	1,2	9500,0	7,2	7,4

С увеличением срока службы шахты поддержание мощности усложняется. В первую очередь это относится к шахтам, на которых в одновременной подготовке находится несколько очистных забоев. На этих шахтах каждый очистный забой рассматривается как локальный инвестиционный проект, реализация которого выходит на новый уровень управления, предполагающий неразрывную связь всех проектов по всем направлениям. В первую очередь это относится к согласованию сроков отработки и подготовки их взамен новых очистных забоев. Это обусловило необходимость перехода от календарного планирования к проектному. Управление проектами имеет ряд преимуществ:

создается возможность осуществить мониторинг инвестиционного проекта;

учитывается влияние параллельно выполняемых работ на продолжительность реализации каждой из них;

повышается ответственность за сроки выполнения проектов;

представляется возможным оптимизировать распределение ресурсов;

создаются условия для осуществления неразрывной связи тактического и стратегического развития предприятия.

Согласование проектов отработки и подготовки очистных забоев необходимо для шахт с механизированными очистными забоями, нагрузки на которые превышают 1000 т в сутки.

Несвоевременная подготовка нового очистного забоя хотя бы на один день сопровождается значительными экономическими убытками.

К примеру, Донецкая вертикально интегрированная топливно-энергетическая компания (ДТЭК) для своего угольного блока

разработала стратегическую программу, ориентированную на применение инновационных и наукоемких технологий (табл. 2).

Таблица 2

*Производственные показатели угольного блока ДТЭК до 2030 г. [2]*

Показатели	Годы			
	2011	2015	2020	2030
Динамика нагрузки на очистный забой, т/сут.	1301,0	1660,0	2000,0	2500,0
Объем добычи угля, млн т./год	37,4	50,0	55,0	56
Темпы комбайновой проходки, м/мес.	117,0	190,0	250,0	300,0
Производительность труда, т/мес.	59,0	80,0	100,0	150,0

Критерием программы принята минимизация совокупных производственных издержек при заданных объемах добычи угля. Программа предусматривает до 2030 г. повысить нагрузку на очистные забои с 1300 до 2500 т в сутки. Это вызовет сокращение сроков воспроизводства очистных забоев, а неподготовка их к заданному сроку будет грозить убытками до 250,0 тыс. грн в день. Это потребует решения двух сложных задач. Первая – предусмотреть мониторинг темпов отработки очистных забоев. Вторая – разработать механизм сопровождения проектов подготовки новых забоев.

В этих условиях планирование развития горных работ на угледобывающих предприятиях, основанное на разработке годовых календарных планов, требует существенных изменений. Актуальным вопросом является подготовка нового очистного забоя к заданному сроку. В его основу может быть положена методология сетевого планирования и управления [3]. Первые предложения об использовании методов сетевого планирования были высказаны в 70-80-е годы прошлого столетия [4, 5]. В этих работах рассматривалась возможность использования сетевых моделей при строительстве новых шахт для определения продолжительности и стоимости строительства. Особенности технологических схем воспроизводства мощности действующих шахт в этих работах не рассматривались. Не рассматривался и мониторинг хода реализации проекта, сдача объекта строительства в запланированный срок. Однако до настоящего времени методы сетевого планирования и управления не получили

широкого применения в угольной отрасли. При управлении инвестиционными проектами на действующих шахтах как при планировании развития горных работ, так и при воспроизводстве мощности угледобывающих предприятий сетевые методы не находят применения.

В настоящее время крупные угледобывающие предприятия, в первую очередь с негосударственной формой собственности, переходят на проектно-ориентированные программы воспроизводства производственной мощности. Появляется необходимость разработки новых методов управления инвестиционными проектами, обеспечивающими выполнение проектов в заданный срок при минимальных издержках.

Таким образом, общепризнанных методов управления проектами, обеспечивающих контроль и координацию инвестиционных проектов, нет. Широко распространённым является эвристический метод «сжатия критического пути» [6]. Метод основан на предположении наличия линейной функции связи между продолжительностью и стоимостью работ критического пути сетевой модели. Коэффициент обратной пропорциональности продолжительности и стоимости работы рассчитывается по формуле

$$K_{on} = \frac{C_1 - C_2}{T_1 - T_2}, \quad (1)$$

где  $K_{on}$  – коэффициент обратной пропорциональности;

$C_1, C_2$  – стоимость выполнения работы соответственно при продолжительности ее выполнения  $T_1$  и  $T_2$ .

Но этот метод не может быть применен для управления инвестиционными проектами угледобывающих предприятий по двум причинам. Первая – зависимость стоимости проведения горной выработки от скорости (продолжительности) проведения не является линейной. Вторая – сжимать продолжительность работ критического пути по этому методу возможно только на стадии разработки проекта. При корректировке продолжительности критического пути использовать этот метод технически невозможно.

*Цель* статьи – изложение версии предложенного метода сопровождения инвестиционного проекта угледобывающего предприятия при заданной продолжительности.

Инвестиционные проекты угледобывающих предприятий с позиций их организации и финансирования можно объединить в две группы. Первая – это проекты строительства новых и реконструкции действующих шахт. Способы финансирования – из внешних и внутренних источников. Важными показателями этих проектов являются производственная мощность, стоимость проекта и продолжительность. Проект строительства новой шахты является многофункциональным. Он может быть представлен в виде сетевой модели, а продолжительность строительства рассчитана по методу, предложенному в системе PERT (Project Evaluation and Review Technique).

Вторую группу составляют инвестиционные проекты действующих шахт, предназначение которых – поддержка производственной мощности в течение срока службы шахты. Отличительная особенность этих проектов в том, что срок их окончания строго лимитирован временем отработки очистного забоя, взамен которого готовится новый. Несвоевременная подготовка нового очистного забоя грозит экономическими убытками. Поэтому для таких проектов необходим не только механизм планирования продолжительности, но и контроль за достижением ее выполнения в запланированный срок.

Организационная структура этих проектов зависит от схемы подготовки, которую определяют: схема вскрытия шахтного поля;

порядок отработки пластов; способ подготовки; система разработки. ГП «ДонУГИ» в 2010 г. разработало типовые технологические схемы отработки пластов угля с высокими нагрузками на очистные забои [7]. В схемах предложены способы проведения и поддержания горных выработок в период прохождения и методика определения минимальных его скоростей. Особенность этих схем состоит в том, что их структуру определяют горные выработки. Это дает возможность организацию горнопроходческих работ во времени представить в виде календарно-сетевых графиков. Составление инвестиционного проекта в виде сетевой модели упрощает механизм контроля за выполнением проекта в заданный срок, поскольку продолжительность реализации инвестиционного процесса определяют продолжительности проведения горных выработок, лежащих на критическом пути.

В этом состоит принципиальное отличие инвестиционных проектов воспроизводства от проектов поддержания производственной мощности действующих шахт. Контроль и корректировка продолжительности подготовки новых очистных забоев осуществляется управлением скоростями проведения горных выработок. При разработке инвестиционного проекта скорости проведения горных выработок принимаются на уровне утвержденных нормативов. Для определения продолжительности прохождения горных выработок Министерством угольной промышленности Украины Приказом № 7 от 20.01.2007 г. утвержден СОУ 10.1.00174131.004-2006 "Підземні гірничі виробки вугільних шахт. Правила виконання робіт", в котором указаны нормативные скорости проведения горных выработок для буровзрывного и комбайнового способов (табл. 3) [8]. На этапах корректировки продолжительности реализации проекта, в случае отклонения от предусмотренной при составлении плана, возникает необходимость в изменении скоростей проведения последующих горных выработок. Как правило, увеличение скорости проведения выработок при неизменяющихся горно-технических условиях обеспечивается изменением состава

проходческой бригады [8]. Увеличение численности состава проходческой бригады против нормативной повышает затраты на проведение горной выработки, как правило, в нелинейной форме. В данном случае общая стоимость проекта будет увеличиваться. По-

этому при корректировке продолжительности проекта в меньшую сторону следует исходить из определения оптимальных скоростей проведения всех горных выработок критического пути в технологически допустимой зоне.

Таблица 3

Нормативные скорости проведения горных выработок

Вид горных выработок и работ	Скорость выполнения работ, м/мес.
Стволы:	
вертикальные	55
наклонные	50
углубление вертикальных стволов	25
Околоствольные дворы и камеры (на один забой) и сопряжения выработок (на одно сопряжение)	400
Квершлаг и полевые штреки	70
Штреки по полезному ископаемому и с подрывкой породы	110
Наклонные выработки, проводимые снизу вверх:	
по полезному ископаемому и с подрывкой породы	95
полевые	70
Наклонные выработки, проводимые сверху вниз:	
по полезному ископаемому и с подрывкой породы	80
полевые	60
Капитальные рудоспуски и восстающие	45
Армирование стволов:	
установка расстрелов и навеска жестких проводников	300
навеска канатных проводников (в одну нитку)	5000
Прокладка трубопроводов (в одну нитку)	2000
Навеска кабелей (в одну нитку)	7000

*Примечание:* при проведении горизонтальных и наклонных выработок проходческими комбайнами нормативную скорость следует увеличивать на 50 %, а в случае проходки выработок буровзрывным способом без возведения крепи – на 30%.

Механизм оптимизации состоит в определении скоростей проведения горных выработок, обеспечивающих выполнение проекта в заданный срок при минимальных дополнительных затратах. Затраты на проведение горных выработок формируются из различных источников – общешахтных, участков постоянных и прямых переменных. Стоимость 1м проведения выработки в этом случае описывается выражением

$$C_v = C_{vh} \left( \alpha + \frac{B \cdot v_h}{v} + \frac{w \cdot v}{v_h} \right), \quad (2)$$

$$v_{\min} \leq v \leq v_{\max}$$

где  $C_v$  – стоимость проведения 1м выработки при планируемой скорости проходки ( $v$ ), ден. ед./м;

$C_{vh}$  – стоимость проведения 1м горной выработки при нормативной (плановой) скорости ( $v_h$ ), ден. ед./м;

$v_{\min}, v_{\max}$  – технологически или организационно допустимые отклонения скорости проведения горной выработки от нормативных (плановых), м/мес.;

$\alpha$  – стоимостный коэффициент, характеризующий долю условно-постоянных затрат в общешахтных расходах;

$\beta$  – стоимостный коэффициент, характеризующий долю условно-постоянных затрат в участковых расходах проведения выработки;

$w$  – стоимостный коэффициент переменных затрат в стоимости проведения выработки (табл. 4).

Таблица 4

Значения стоимостных коэффициентов

Виды горных выработок	Способ проходки	Коэффициенты		
		$\alpha$	$\beta$	$w$
Квершлаг и полевые штреки	БВР	0,3	0,3	0,4
Пластовые штреки	комбайновый	0,3	0,5	0,2
Ярусные штреки	БВР	0,3	0,35	0,35
Вентиляционные штреки	БВР	0,3	0,3	0,4
Уклоны и ходки к ним	БВР	0,25	0,3	0,45

Уравнение (2) описывает нелинейную форму зависимости «скорость-стоимость» проведения горных выработок.

Поскольку скорости проведения горных выработок определяют продолжительность их проведения, то методика их оптимизации по критерию «минимальные затраты» является инструментом управления инвестиционным проектом. Механизм оптимизации скоростей проведения горных выработок на разных этапах мониторинга реализации через итерации критического пути к заданному сроку при минимальных дополнительных затратах включает следующие шаги.

Шаг 1. Обоснование концепции оптимизации скоростей проходки выработок методом последовательного приближения к заданному сроку.

Опуская выводы предлагаемого критерия оптимизации скоростей проведения горных выработок, приведем обобщенную формулу критериального подхода, которая выражена тождеством

$$W \cdot v^2 - S = \text{const}(Z), \quad (3)$$

где  $W$  – переменные затраты на проведение горной выработки, которые определяются по формуле

$$W = w \cdot C_{\text{вн}};$$

$S$  – постоянные затраты на проведение горной выработки, которые определяются по формуле

$$S = \beta \cdot C_{\text{вн}};$$

$Z$  – управляемый параметр, обеспечивающий решение поставленной задачи.

Шаг 2. Расчет критического пути сетевой модели инвестиционного проекта подготовки очистного забоя.

Шаг 3. Определение параметров  $W_i$ ,  $S_i$  для каждой выработки критического пути, ден. ед.

Шаг 4. Определение первичного значения параметра  $Z$  по формуле (3), представив ее уравнением

$$w_1 \cdot C_{\text{вн}} - \beta_1 \cdot C_{\text{вн}} = Z_1. \quad (4)$$

Шаг 5. Определение скоростей проведения горных выработок, лежащих на критическом пути, по формуле

$$v_i = \sqrt{\frac{Z_i + W_i}{S_i}}. \quad (5)$$

Шаг 6. Определение продолжительностей проведения горных выработок исходя из их длины и скоростей проведения по формуле

$$t_i = \frac{l_i}{v_i}, \quad (6)$$

где  $t_i$  – продолжительность проведения  $i$ -й выработки критического пути, мес.;

$l_i$  – длина  $i$ -й выработки, м;

$v_i$  – скорость проведения выработки при первой итерации оптимизации, м/мес.

Шаг 7. Расчет продолжительности критического пути по расчетным значениям времени проведения входящих в него горных выработок

$$T_i^{\text{кр}} = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}, \quad (7)$$

где  $N$  – количество выработок критического пути.

Шаг 8. Изменение значения  $Z$  по принятому экспертом темпу увеличения (уменьшения) в зависимости от полученного расчетного значения продолжительности критического пути.

Шаг 9. Изменение значения  $Z$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) с последовательным приближением продолжительности критического пути к заданному  $T_i^{sp}$ . Формируются и определяются оптимальные скорости проведения выработок критического пути и продолжительность их проведения (табл. 5).

Таблица 5

Алгоритм последовательности приближения продолжительности критического пути к заданному сроку

Значение параметра $Z$	Горные выработки критического пути						$T_i$
	$V_1/t_1$	$V_2/t_2$	...	$V_n/t_n$	...	$V_m/t_m$	
$Z_1$	$V_{1-1}/t_{1-1}$	$V_{1-2}/t_{1-2}$	...	$V_{1-n}/t_{1-n}$	...	$V_{1-m}/t_{1-m}$	$T_1$
$Z_2$	$V_{2-1}/t_{2-1}$	$V_{2-2}/t_{2-2}$	...	$V_{2-n}/t_{2-n}$	...	$V_{2-m}/t_{2-m}$	$T_2$
...			...		...		...
$Z_0$	$V_{0-1}/t_{0-1}$	$V_{0-2}/t_{0-2}$	...	$V_{0-n}/t_{0-n}$	...	$V_{0-m}/t_{0-m}$	$T_0 = Ts$
...			...		...		...
$Z_m$	$V_{m-1}/t_{m-1}$	$V_{m-2}/t_{m-2}$	...	$V_{m-n}/t_{m-n}$	...	$V_{m-m}/t_{m-m}$	$T_m$

Шаг 10. По данным табл. 5 строится график зависимости (8) и определяется  $Z_0$ , соответствующее заданному сроку реализации проекта.

Шаг 11. Определяются оптимальные скорости проведения горных выработок по формуле

$$v_{oi} = \sqrt{\frac{Z_o + W_i}{S_i}}, \quad (8)$$

и продолжительность проведения всех выработок критического пути.

Шаг 12. Рассчитывается стоимость проекта при оптимизированных скоростях проведения горных выработок.

*Примечание.* В случае если в результате оптимизации критического пути сетевой модели появляется другой критический путь, оптимизация его продолжительности выполняется по этой же методике.

Инвестиционные проекты подготовки новых горизонтов – это непрерывно повторяющийся инвестиционный процесс действующего угледобывающего предприятия. Контроль за ходом воспроизводства очистных забоев является одной из специфических проблем управления инвестиционным процессом предприятий угледобывающей отрасли.

*Выводы.* Воспроизводство мощности угледобывающего предприятия осуществляется перманентной подготовкой очистных забоев.

Управление процессом воспроизводства очистных забоев требует контроля за ходом реализации инвестиционного проекта и разработки методологии минимизации дополнительных затрат.

Отличительная особенность проектов подготовки очистных забоев состоит в том, что их стоимость определяется затратами на горнопроходческие работы, доля затрат которых превышает 70% общей стоимости.

При этом стоимость проведения горных выработок нелинейно изменяется от скорости их проходки, что не позволяет для минимизации стоимости проекта использовать предлагаемый в экономической литературе подход, основанный на использовании критерия обратной линейной связи «стоимость – время». В статье предложен оригинальный подход мониторинга инвестиционного проекта воспроизводства мощности угледобывающего предприятия, основанный на использовании нелинейной зависимости «стоимость – скорость проведения» горных выработок. Предлагаемый методический подход может быть реализован для инвести-



ционных проектов с заданным сроком реализации.

### Литература

1. Дубов Е.Д. Роль инвестиций в повышении эффективности работы угледобывающих предприятий / Е.Д. Дубов, В.Н. Болбат // Уголь Украины. – 2012. – № 10. – С. 8-10.
2. UAEnergy: Модернизация бизнеса. Программа долгосрочного развития угольного блока ДТЭК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uaenergy.com.ua>.
3. Голенко Д.И. Статистические методы в экономических системах / Д.И. Голенко. – М.: Статистика, 1970. – 203 с.
4. Кузнецов К.К. Шире применяют сетевые графики в шахтном строительстве / К.К. Кузнецов, П.И. Рапопорт // Шахтное строительство. – 1965. – № 12. – С. 15-17.
5. Воробьев Б.М. Методы сетевого планирования и управления в угольной про-

мышленности / Б.М. Воробьев, А.С. Бурчаков, С.С. Лихтерман. – М.: Недра, 1971. – 128 с.

6. Бабиюк Г.В. Анализ показателей проходческих работ на шахтах ГП «Свердловскантрацит» / Г.В. Бабиюк, Е.С. Смекалин // Уголь Украины. – 2008. – № 1. – С. 16-20.
7. Технологічні схеми відпрацювання газоносних пластів з високими навантаженнями на очисні вибої / Міністерство вугільної промисловості України. – К., 2010. – 176 с.
8. Про затвердження та надання чинності стандарту Мінвуглепрому України СОУ 10.1.00174131.004-2006 "Підземні гірничі виробки вугільних шахт. Правила виконання робіт": Наказ Міністерства вугільної промисловості від 18.01.2007 р. №7 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uazakon.com/document/fpart03/idx03387.htm>.

*Представлена в редакцію 11.09.2013 з.*