

УДК 622.25

Кандидаты техн. наук БОРЩЕВСКИЙ С.В., ФОРМОС В.Ф., ЛАБИНСКИЙ К.Н., асп. ДРЮК А.А., студ. СИРАЧЕВ А.Ж., (ДонНТУ)

## **К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ И КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА СТВОЛОВ ШАХТ**

Под интенсификацией производственного процесса сооружения стволов за счет внедрения более совершенной технологии подразумевается приращение технической скорости выполнения работ против сметной ( $V_t + \Delta V_t$ ).

Поэтому при выборе технологической схемы объектом планирования выступает этап работы, выполняемый при сооружении ствола, а оптимизируемым параметром служит интенсивность выполнения этой работы — скорость (продолжительность). Технология выполнения отдельных этапов работ должна быть увязана с общей технологией строительства шахты, так как повышение интенсивности одной работы за счет внедрения более совершенной технологии может отрицательно сказаться на других этапах. Примером могут служить скоростные проходки в Донецком бассейне [1], где оснащение длится 24...36 месяцев, хотя время собственно проходки несколько сокращается. При этом сумма двух слагаемых продолжительности по оснащению и проходке выше нормативных значений. Если в результате такого направления общий срок удлиняется, экономический эффект во всех сферах образования будет отрицательным. Проблема интенсификации строительства вертикальных шахтных стволов в условиях рыночной экономики Украины весьма актуальна. При моделировании задача сводится к обеспечению сооружения ствола и его отдельных этапов в срок, не превышающий календарного (установленного директивным графиком организации строительства шахты). Однако если при запланированных средствах невозможно внедрение новой технологии, может возникнуть ряд ситуаций:

а) когда необходимо выделить капитальные дополнительные затраты для приобретения более совершенной стволовой техники;

б) когда требуются капитальные дополнительные затраты для приобретения более совершенной стволовой техники и увеличения производительности в общешахтных звеньях (подъемные комплексы, компрессоры, механизмы поверхности и др.)

Все это должно учитываться при формализации содержания целевой функции как дополнительные затраты строительной организации при расчете эффективности от интенсификации строительно-монтажных работ за счет внедрения новой технологии. Поэтому при выборе критерия оценки сравниваемых вариантов технологии важно сопоставление капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Номенклатура затрат на проходку ствола, проведение выработок, сопрягающихся со стволами, и армирование зависит от периода строительства шахты, порядка финансирования, способа выполнения работ и условий производства и складывается из прямых нормируемых, общешахтных, накладных и плановых накоплений, а работы по оснащению и переоборудованию ствола подразделяется на прямые и накладные (с учетом плановых накоплений).

Для удобства анализа затрат выделяются сопутствующие расходы и премиальные доплаты.

При составлении моделей будет рассмотрено влияние интенсивности работ на изменение отдельных составляющих полной стоимости. При этом за показатель интенсивности принимаем среднюю техническую скорость (продолжительность) работ.

В процессе оптимизации работ будем различать сметную, нормативную и оптимальную скорости. Сметная скорость принимается при составлении смет на общешахтные расходы, а нормативная — при организации и планировании сроков (табл.1) по данным [2].

Скорость нормируется шахтостроительным организациям и почти ежегодно пересматривается. За выполнение и перевыполнение нормативных скоростей рабочим горнопроходческих бригад, общешахтных цехов и инженерно-техническим работникам выплачивается премия.

Поэтому чем ниже установленные нормативные скорости, тем больше возможностей для их перевыполнения и тем выше премиальные расходы.

**Табл.1.** Значения нормативных скоростей

Выработки и работы	Нормативные скорости для составления смет на общешахтные расходы $V_c$ , м/мес.	Нормативные скорости для составления проектов организации строительства $V_H$ , м/мес.
Вертикальные стволы, м/мес.	35	50
Выработки, сопрягающиеся со стволами, м <sup>3</sup> /мес.	250	350
Армирование вертикальных стволов, м/мес.	200	250
Прокладка трубопроводов в вертикальных стволах, м/мес. на одну нитку	1000	2000

В связи с тем, что с увеличением фактической скорости одна группа затрат возрастает, а другая снижается, существует значение варьируемого показателя, обуславливающее наименьшие затраты на сооружение выработки — оптимальная скорость. На основе оптимальных значений скоростей для различных работ можно определить оптимальные параметры технологии (значения количественных величин классификационных признаков). Поставленная задача решается в следующем порядке [3,4].

Устанавливаются основные зависимости, характеризующие влияние скорости (продолжительности) выполнения работ при сооружении стволов на их стоимость, определяются технически; возможные пределы скорости выполнения отдельных этапов работ при применении той или иной технологической схемы (или ее варианта), оптимальные скорости исходя из условий выполнения работ в заданный срок при наименьших затратах. Рассчитываются необходимые дополнительные затраты (или экономия) по сравнению со сметной стоимостью и составляется проект выполнения работ по оптимизированным скоростям (продолжительности). По этим данным принимаются оптимальные параметры технологии для различных заданных условий (объемов). Параметры технологии находятся по заранее рассчитанным таблицам-номограммам или по разработанным математическим моделям.

Затраты на строительно-монтажные работы отдельных этапов с учетом характера формирования мероприятий (при различных ситуациях), направленных на внедрение новых технологических схем, можно описать уравнением [4,5]:

$$S_{vi} = S_{ci} \left( m_i + n_i V_i + \frac{r_i}{V_i} \right), \quad (1)$$

где  $S_{vi}$  — стоимость сооружения этапа работ при достигнутой интенсивности (скорости) строительно-монтажных работ, грн.;  $S_{ci}$  — сметная стоимость сооружения этапа работ (при скорости, принятой сметными нормами), грн.;  $m_i$  — доля расходов, не зависящих от интенсивности строительно-монтажных работ (расходы, нормируемые на 1 м

или  $1 \text{ м}^3$  выполненной работы, зарплата сдельщиков, материалы и амортизация забойного оборудования);  $n_i$  — доля расходов, прямо пропорциональных интенсивности строительно-монтажных работ (расходы на заработную плату рабочих, служащих и инженерно-технических работников шахтостроительных организаций, выплачиваемую в виде прогрессивных доплат и премий за выполнение и перевыполнение плановых заданий, нормативов проходки и т.д.);  $r_i$  — доля расходов, обратно пропорциональных интенсивности строительно-монтажных работ (амортизация основных фондов, прямая заработная плата инженерно-технических работников, служащих и рабочих, оплачиваемых повременно, расходы на вентиляцию, отопление, освещение и т.д.). В условиях, когда внедрение новой технологии для интенсификации работ требует капитальных дополнительных затрат, зависимость может быть записана:

$$S_{vi} = S_{ci} \left( m_i + n_i V_t + \frac{r_i}{V_t} \right) + \Delta K_{i(V)}. \quad (2)$$

Эта зависимость носит дискретный характер и отражает экономические результаты деятельности подрядной организации. Суммарный экономический эффект (при сокращении общего срока строительства), формула (2) может быть записана уравнением [3,6–8].

$$S_{vi} = S_{ci} \left( m_i + n_i V_t + \frac{r_i}{V_t} \right) + \Delta K_{i(V_t)} - \mathcal{E}_{(V_t)}, \quad (3)$$

где  $\Delta K_{i(V_t)}$  — дополнительные затраты на расширение производственных мощностей строительной организации ( $\Delta K_{i(V_t)} = E_H^* \Delta K_1$ ), грн.;  $\mathcal{E}_{(V_t)}$  — экономическая эффективность от повышения интенсивности строительно-монтажных работ за счет улучшения структуры технологии, полученная как сумма слагаемых нормативной экономии и экономических последствий «замораживания» капитальных вложений, грн.

Полная стоимость проходки ствола, проведения выработки, сопрягающейся со стволом, и армирования без премиальных доплат выражается формулой:

$$S'_{nVt} = S_{nn} \gamma_0 \gamma_n \gamma_c \gamma_v, \quad (4)$$

где  $S_{nn}$  — прямые нормируемые затраты, грн.;  $\gamma_0$ ,  $\gamma_n$ ,  $\gamma_c$ ,  $\gamma_v$  — коэффициенты, учитывающие соответственно общешахтные, накладные, сопутствующие расходы и плановые накопления.

Полная стоимость выполнения работ с учетом премиальных доплат ( $V_t > V_H$ ) определяется по формуле:

$$S''_{nVH} = S_{nVH} \gamma_v \gamma_r \gamma_n, \quad (5)$$

где  $S_{nVH}$  — стоимость выполнения единицы объема работы при нормативной скорости, грн.;  $\gamma_v$ ,  $\gamma_r$  — стоимостные коэффициенты, учитывающие соответственно изменение условно-постоянных расходов и премиальных доплат под влиянием скоростей работ.

Формула (2) корректна при  $\frac{V_t}{V_n} > 1$ .

В соответствии с действующими нормативами и положением значения постоянных коэффициентов в формулах (4) и (5) для вертикальных стволов можно принять:  $\gamma_0=1,9$  (для стволов глубиной до 700 м) и  $\gamma_0=2,1$  (для стволов глубиной более 700 м);  $\gamma_n=1,268$ ;  $\gamma_n=1,06$  и  $\gamma_c=1,18$ . Для других этапов работ эти значения иные [2].

Величину прямых нормируемых затрат в зависимости от скорости проходки можно представить уравнением:

$$S_{nV_t} = \left[ S_{nV_H} \left( \alpha_1 + \beta_1 \frac{V_c}{V_t} \right) \right] \gamma_n, \quad (6)$$

где  $S_{nV_t}$ ,  $S_{nV_H}$  — сумма прямых нормируемых затрат соответственно при фактической и сметной скоростях проходки стволов, грн.;  $V_c$ ,  $V_t$  — технические скорости проходки соответственно для составления смет на общешахтные расходы и фактически достигнутая, м/мес.

В общем виде величину прямых нормируемых затрат (6) можно записать:

$$S_{nV} = \left[ S_{nH} \left( \alpha_1 + \beta_1 \frac{t_\phi}{t_H} \right) \right] \gamma_n, \quad (7)$$

где  $t_\phi$ ,  $t_H$  — фактическая и нормативная продолжительность работ, мес. В формулах (6) и (7) выражения  $(\alpha_1 + \beta_1 V_c/V_t)$  и  $(\alpha_1 + \beta_1 t_\phi/t_H)$ , представляют собой коэффициенты изменения прямых нормируемых расходов в зависимости от скорости (продолжительности) проходки.

Общешахтные расходы на 1 м ствола [4,5] с учетом изменения доли условно-постоянных затрат при увеличении скорости проходки по сравнению с принятой при определении сметной стоимости можно определить по формуле:

$$S_{o.V_t} = \left[ S_{o.c} \left( \alpha_2 + \beta_2 \frac{V_c}{V_t} \right) \right] \gamma_n, \quad (8)$$

где  $S_{o.V_t}$ ,  $S_{o.c}$  — сумма общешахтных затрат соответственно при фактической и сметной скоростях, грн.

Размер накладных расходов (с плановыми накоплениями) с учетом их снижения в зависимости от роста скорости проходки может быть определен по формуле:

$$S_{H.PV_t} = S_{H.n.c} \left( \alpha_3 + \beta_3 \frac{V_c}{V_t} \right), \quad (9)$$

где  $S_{H.PV_t}$ ,  $S_{H.n.c}$  — сумма накладных (с плановыми накоплениями) соответственно при фактической и сметной скоростях, грн.

Влияние роста скорости проходки на размер фактически сопутствующих расходов выражается формулой:

$$S_{cV_t} = \left[ S_{c.c} \left( \alpha_4 + \beta_4 \frac{V_c}{V_t} \right) \right] \gamma_n, \quad (10)$$

где  $S_{cV_t}$ ,  $S_{c.c}$  — сумма сопутствующих расходов соответственно при достигнутой и сметной скоростях, грн.

Коэффициент изменения стоимости проходки с учетом премиальных доплат можно принять [5,6]:

$$\gamma_r = \alpha_5 + \beta_4 \frac{V_c}{V_t}, \quad (11)$$

где  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  — доли затрат, не зависящих от скорости проходки (и от объема), соответственно в составе прямых нормируемых, общешахтных, накладных и сопутствующих расходов;  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$ ,  $\beta_4$  — доли затрат, зависящих от скорости проходки (и не от объема), соответственно в составе прямых нормируемых, общешахтных, накладных и

сопутствующих расходов;  $\alpha_5, \beta_5$  — доли затрат, соответственно не зависящих и прямо-пропорциональных скоростей проходки.

Полученные уравнения (4)...(11) могут быть приняты и для оценки других строительно-монтажных работ, выполняемых при сооружении стволов. В этом случае значения постоянных коэффициентов и другие параметры, входящие в эти формулы, должны приниматься для конкретно рассматриваемой работы.

В общем виде величина  $\beta_i$  характеризующая уровень условно — постоянной доли расходов в составе полной стоимости выполнения работ, может быть получена из выражения:

$$\beta_1 = n_1\beta_1 + n_2\beta_2 + n_3\beta_3 + n_4\beta_4, \quad (12)$$

где  $n_1, n_2, n_3, n_4$  — доли прямых нормируемых, общешахтных, накладных и сопутствующих расходов в составе полной стоимости 1 м (или 1 м<sup>3</sup>) работы, выполняемой в стволе.

Подставив в формулу (12) значения  $n_i$  и  $\beta_i$  получим  $\alpha_i = 1 - \beta_i$ .

Тогда зависимость (5) с учетом рассмотренных закономерностей и плановых накоплений получит вид:

$$S''_{n(V_t)} = S'_{nVH} (\alpha_i + \beta_i \frac{V_c}{V_t}) (\alpha_5 + \beta_5 \frac{V_t}{V_H}). \quad (13)$$

После некоторого преобразования получим зависимость (1) в виде:

$$S_{Vi} = S'_{ni} (m_i + n_i V_t + \frac{t_i}{V_t}).$$

Примечание. Величина  $S'_{ni}$  соответствует произведению  $S_{xi} * \gamma_n$ , где:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_i = \alpha_i \alpha_5 + \beta_i \beta_5 \frac{V_c}{V_H}; \\ n_i = \frac{\alpha_i \beta_5}{V_H}; \dots r_i = \alpha_5 \beta_i V_c. \end{array} \right\} \quad (14)$$

Полученные зависимости справедливы для условий, когда скорость проходки ствола (скорости выполнения других этапов работ) обеспечивается за счет улучшения технологии работ и не требует дополнительных затрат. Если требуются дополнительные затраты на расширение и модернизацию основных фондов, особенно при скоростной ведении работ, они должны учитываться. В этом случае следует принимать формулы (2) и (3).

Полученные зависимости справедливы для условий, когда скорость проходки ствола (скорости выполнения других этапов работ) обеспечивается за счет улучшения технологии работ и не требует дополнительных затрат. Если требуются дополнительные затраты на расширение и модернизацию основных фондов, особенно при скоростном ведении работ, они должны учитываться.

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

I. Существующие методы оценки количественных показателей не учитывают особенностей и влияния технологии на производственный процесс и результаты выхода процесса (на 1 м или 1 м<sup>3</sup> готового ствола в свету), что является следствием недостаточной изученности технологии строительства стволов (отдельных этапов работ) и отсутствия исследованных зависимостей и связей между технологией и производственным процессом.

2. Незнученность проблемы подтверждается тем, что не учитывается характер закономерностей, где преобладает влияние случайных явлений и качественная сторона технологии, зависящая от сагрегированности составных частей (способа производства работ, средств механизации и режима проведения рабочих процессов во времени и пространстве).

3. Основное влияние технологии проявляется в интенсификации строительно-монтажных работ. Поэтому наиболее полно можно определить экономической эффективности при внедрении новой технологии в представленных количественных зависимостях (1,2).

4. В интенсификации строительно-монтажных работ концентрируются результаты деятельности строительной организации. Этот фактор определяет стоимость строительно-монтажных работ. Только совокупность рассмотрения экономических результатов интенсификации строительно-монтажных работ и определения экономической эффективности в различных сферах ее образования обеспечивает правильное решение задачи (формула 3).

### Библиографический список

1. Стоев И.С., Стоев П.И. Технология и организация строительства вертикальных стволов шахт. Донецк, ЦБНТИ, 1994. — 212 с.
2. Уманский П.Я. Общешахтные расходы при строительстве и реконструкции шахт. — М.: Препар, 1968.
3. Евдокимов Ф.И., Стоев И.С. Технология и экономика сооружения вертикальных стволов шахт. — М.: Недра, 1981 — 224 с.
4. Иванов Н.И., Евдокимов Ф.И. Моделирование организации шахтного строительства. — М.: «Недра», 1975.
5. Иванов Н.И., Евдокимов Ф.И. Стоимость и сроки строительства шахт. — М.: «Недра», 1966.
6. Блинов П.А., Стоев И.С. Расчет эффективности скоростного сооружения стволов. ЦНИЭИ-уголь, 1975. — № 4.
7. Блинов П.А., Стоев И.С. Метод оценки экономической эффективности сооружения вертикальных стволов шахт. — В сб.: Разработка месторождений полезных ископаемых. — Киев, «Техника», 1974. — № 58.
8. Иванов Н.И. Экономико-математическое моделирование развития горных работ на шахтах. Донецк: ДонУГИ, 1966.

© Борщевский С.В., Формос В.Ф., Лабинский К.Н.,  
Дрюк А.А., Сирачев А.Ж., 2005

УДК 622.25

Канд.техн.наук БОРЩЕВСКИЙ С.В. (ДонНТУ)

### МНОГОФАКТОРНЫЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Проведенные исследования позволили определить влияние средних количественных значений параметров технологии на скорость (продолжительность) проходки и производительность труда. Однако связь между этими и другими параметрами, влияние их на производственный процесс в различных условиях этими методами не могли быть установлены.

Установить закономерности возможно используя многофакторные аналитические модели [1–4]. Опыт показывает, что стоимость проходки 1 м ствола зависит от