

УДК 622.281.5.042.4.003.13

Д.Н. Макшанкин, С.В. Новоселов, А.В. Ремезов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ РАЦИОНАЛЬНОГО ВИДА И ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ПРИ АЛЬТЕРНАТИВНОМ КРЕПЛЕНИИ ПРОФИЛЯМИ ТИПА СВП И ТИПА ШП

Современные угольные шахты (*шахты нового поколения*) - сложные производственные системы, функционирование которых требуется значительный объем ограниченных входных ресурсов (энергия, материалы, трудовые ресурсы, информационные, финансовые). Естественно, что эффективность выхода системы напрямую связана с уменьшением ресурсов на входе. Однако, общеизвестно, что при укрупнении до пределов насыщения производственная система теряет «эффект от масштаба».

Относительно финансовых ресурсов для таких консервативных и затратных производств можно отметить их постоянную недостаточность. В этом есть логика экономии «сил и средств» как на каждом рабочем месте, производственном процессе, участке, так и по всей шахте, что при определенных методиках пересчета в денежный эквивалент дает реальную экономию денежных средств. На языке системного подхода – необходима *оптимизация расхода ресурсов* в каждом элементе производственной системы шахты, которая в сумме даст *интегрированный экономический эффект всей производственной системы угольной шахты*.

Реальная экономия денежных средств возможна при рационализации операций на каждом рабочем месте, производственном процессе, участке, где мы стремимся максимизировать *локальный экономический эффект*, что для подготовительных работ шахты иллюстрировано схемой на рис.1.

Применяемые ныне конструкции металлических рамных крепей из спецпрофиля СВП не удовлетворяют современным требованиям производства. Основными их недостатками являются низкая несущая способность в податливом режиме, высокое аэродинамическое сопротивление, низкая устойчивость рам, сравнительно большой объем извлечения излишней горной массы для размещения арок или рам, незначительная площадь поддержания горных пород по контуру вы-

работки, что требует установки рам с уменьшенным шагом.

Одним из направлений существенного роста эффективности горно-подготовительных работ является снижение трудоемкости и стоимости крепления и поддержания подготовительных выработок. В этой связи задача совершенствования металлических рамных крепей является актуальной.

Для устранения отмеченных недостатков предлагается использовать «Шахтный профиль ШП для изготовления металлических крепей горных выработок», на который выдан авторам В.В. Егошину и Д.Н. Макшанкину патент на изобретение № 2191902. Сравнивая размеры поперечного сечения и справочные значения стандартного и нового профилей, можно отметить, что в шахтном профиле ШП по сравнению с горячекатанным профилем СВП уменьшены высота профиля на 20-27,4 мм, толщина фланцев на 15,2-22 мм, толщина днища на 2-5 мм и толщина стенок профиля на 0,1-1,4 мм, но увеличены ширина профиля по фланцам на 121,1-151,6мм и ширина днища на 50-70,8мм.

Рассмотрим пример получения экономического эффекта при рационализации выбора вида и параметров металлической арочной крепи, т.е. при переходе от профилей типа СВП на тип ШП. Ввиду сопоставимости, выбираем тип профиля СВП 27 и ШП26 как наиболее применяемые.

Экономический эффект от замены металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП на металлическую арочную крепь ШП образуется за счет *экономического эффекта от снижения*:

- аэродинамического сопротивления крепи, выраженного через затраты электроэнергии на проветривание горных выработок;
- металлоемкости профиля ШП в сравнении с СВП при сохранении прочностных свойств;
- выемки горной массы при замене арочной крепи из профиля СВП на профиль ШП за счет уменьшения сечения вчера ($S_{вчера}$), (за счет

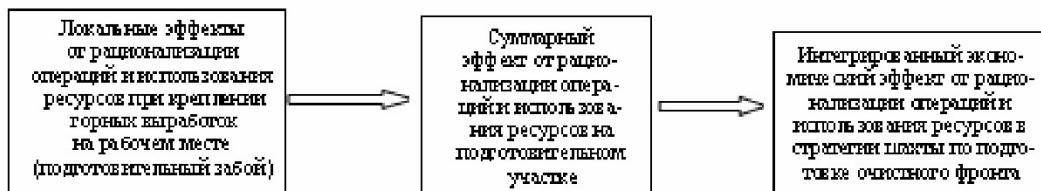


Рис.1. Схема создания экономических эффектов при креплении горных выработок

Таблица 1

Сравнительная оценка величины коэффициентов аэродинамического сопротивления шахтных профилей типа СП и СВП

Тип профиля	Значение $\alpha \cdot 10^{-4}$ при расстоянии между арками		Тип профиля	Значение $\alpha \cdot 10^{-4}$ при расстоянии между арками		Увеличение $\alpha \cdot 10^{-4}$ профиля СВП к СП в %	
	0,75м	1,0м		0,75м	1,0м	0,75м	1,0м
СП 18	14,4	14,2	СВП 19	15,7	14,9	9,0	5,0
	13,9	13,7		45,3	14,5	10,0	11,7
	13,7	13,5		15,1	14,3	10,2	6,0
	13,4	13,2		14,7	13,9	10,0	5,3
	16,4	15,5		16,7	15,9	2,0	2,6
СП 26	15,9	15,1	СВП 27	16,4	15,7	3,1	4,0
	15,5	14,7		15,9	15,3	2,6	4,1
	15,1	14,3		15,7	15,1	4,0	6,0

меньшей высоты профиля ШП по сравнению с профилем СВП) при одинаковом сечении в свету ($S_{\text{в свету}}$);

- трудоемкости при замене арочной крепи из профиля СВП на крепь из профиля ШП;
- времени проходческого цикла, т.е. увеличения темпов проходки.

Методика определения интегрированного экономического эффекта

1. Экономический эффект от рационального выбора вида и параметров металлической арочной крепи в аспекте снижения энергозатрат

Общеизвестно, что изменение количества воздуха, подаваемого в шахту вентилятором, осуществляется изменением:

- угла установки лопаток рабочего колеса (у осевых вентиляторов);
- угла установки лопаток направляющего аппарата;
- частоты вращения рабочего колеса вентилятора;
- аэродинамического сопротивления шахты [1, с.119].

С учетом зависимости депрессии от аэродинамического сопротивления [1, с.63]

$$h = \alpha \cdot P \cdot L \cdot Q^2 / S^3, \quad (1)$$

где h – депрессия, kgs / m^2 ; α – коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{kgs} \cdot \text{с}^2 / \text{m}^4$; P – периметр выработки, м; L – длина выработки, м; Q – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{s}$; S – площадь поперечного сечения выработки, м^2 , и основываясь на зависимости мощности электродвигателей от производительности вентилятора [2, с.155]:

$$N = H Q / 3600 \cdot 102 \eta_{\text{в}}, \quad (2)$$

где H – давление, развиваемое вентилятором, мм вод. ст. (т.е. $1 \text{мм вод. ст.} = 10^4 \text{kgs/cm}^2$);

Q – производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\eta_{\text{в}}$ – КПД вентилятора,

приходим к выводу, что снижение аэродинамического сопротивления, уменьшая депрессию, уменьшает мощность выбираемых вентиляторов.

В нашем случае, реальное снижение энергозатрат обусловлено снижением аэродинамического сопротивления крепи, а соответственно и депрессии горных выработок ввиду замены профилей. Пропорционально уменьшается и расход воздуха и возможно применение электродвигателей вентиляторов меньшей номинальной мощности, что по всей шахте дает снижение заявленного максимума нагрузки и платы за активную потребленную электроэнергию.

Рассмотрим на условном примере экономию средств на 1000 м проходки горных выработок. По большому счету, результаты расчетов на разных шахтах на единицу проходческого цикла (1 п.м.) не будут сильно различаться ввиду стандартности выпускаемых крепей типа ШП и типовых сечений горных выработок.

Исходные данные

Исходим из фактических данных, при снижении депрессии при α от $15,49 \cdot 10^4$ до $15,9 \cdot 10^4$ (табл.1) и в предположении (1) имеем снижение ΔQ на 2,6%.

1. Крепь СП26, $\alpha = 15,49 \cdot 10^4$, $S = 19,31 \text{ м}^2$

2. Крепь СВП27, $\alpha = 15,9 \cdot 10^4$, $S = 20,86 \text{ м}^2$

3. Месячная производительность вентиляторов:

ВОД-30 $13600 \text{ м}^3 / \text{мин}$ (блок3), $h = 133 \text{мм в.ст.}, N = 1250 \text{ кВт}, Q = 270 \text{ м}^3/\text{с}$

ВОД-30 $18300 \text{ м}^3 / \text{мин}$ (блок4), $h = 85 \text{мм в.ст.}, N = 1250 \text{ кВт}, Q = 270 \text{ м}^3/\text{с}$

ВОД-30 $19200 \text{ м}^3 / \text{мин}$ (блок 5), $h = 127 \text{мм в.ст.}, N = 1250 \text{ кВт}, Q = 270 \text{ м}^3/\text{с}$

ВОД-40 $18000 \text{ м}^3/\text{мин}$ (блок 4^{бис}), $h = 122 \text{мм в.ст.}, N = 1600 \text{ кВт}, Q = 380 \text{ м}^3/\text{с}$

4. Всего поддерживается 360 км горных выработок; 140 км закреплено металлической арочной крепью ШП.

5. Суммарная средняя производительность – $72500 \text{ м}^3/\text{мин}$

1.1 Расчет депрессии по формуле (1)

$$h = \alpha \cdot P \cdot L \cdot Q^2 / S^3.$$

1.2. Расход воздуха Q по альтернативным вариантам крепления при различных коэффициентах

аэродинамического сопротивления α из (1).

1.3. $Q_1 = \sqrt{S^3 h / \alpha_{csp} \cdot P \cdot L}$ – специальный взаимозаменяемый профиль СВП;

$$Q_1 = \sqrt{20,86^3 \cdot 130 \cdot 10^8 / 15,9 \cdot 10^6 \cdot 16 \cdot 1000} = 21,79 \text{ м}^3/\text{с.}$$

1.4. $Q_2 = \sqrt{S^3 h / \alpha_{cn} \cdot P \cdot L}$ – для шахтного профиля СП;

$$Q_2 = \sqrt{19,31^3 \cdot 130 \cdot 10^8 / 15,49 \cdot 10^6 \cdot 16 \cdot 1000} = 19,4 \text{ м}^3/\text{с}$$

1.5. Разница в расходе воздуха при различных видах профилей крепи $\Delta Q = Q_2 - Q_1$, $\text{м}^3/\text{с}$

$$\Delta Q = 21,79 - 19,4 = 2,39 \text{ м}^3/\text{с.}$$

1.6. Выбор мощности электродвигателей вентилятора, (кВт) согласно (2).

1.7. Мощность, затрачиваемая на разность расхода воздуха при крепях СП и СВП

$$\Delta N = H \cdot \Delta Q / 3600 \cdot 102 \eta_b \quad [\text{кВт.}]:$$

$$\Delta N = 130 \cdot 2,39 \cdot 3600 / 3600 \cdot 102 \cdot 0,8 = 3,8 \text{ кВт. кВт.}$$

1.8. Экономический эффект от рационального выбора вида крепи и параметров металлической арочной крепи в аспекте потребления активной энергии $\mathcal{E} = \Delta N \cdot t_b \cdot T_{э/э}$, руб., где t_b – время работы вентилятора, ч; $T_{э/э}$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

$$\mathcal{E} = (3,8 \text{ кВт}) \cdot (8760 \text{ ч}) \cdot (0,88 \text{ руб./кВт·ч}) = 29293 \text{ руб./год с 1 вентилятором.}$$

Снижение платы за электроэнергию при снижении номинальных мощностей электродвигателей вентиляторов при участии в заявленном максимуме нагрузки по всей шахте $\Pi_M = T_M \cdot \Delta N_M$, где T_M – тариф за заявленный максимум нагрузки:

$$\Pi_M = 294,15 \text{ руб./кВт} \cdot 3,8 \text{ кВт} = 1117 \text{ руб./мес.}$$

$$\times 12 = 13404 \text{ руб./год с 1 вентилятором}$$

1.9. Общая экономия платы за электроэнергию, потребляемую 1 вентилятором:

$$\Pi = T_M \cdot \Delta N_M + \Delta T \cdot t \cdot T_{э/э} =$$

$$29293,44 + 13404 \sim 42697 \text{ руб./год с 1 вентилятором.}$$

Обычно учитывается свыше двух вентиляторов.

2. Эффект снижения энергозатрат от уменьшения выемки горной массы в связи с изменением сечения вчерне при работе проходческого комбайна ГПКС

При увеличении площади сечения забоя увеличиваются объемы выемки, которые требуют дополнительных энергозатрат.

2.1. Снижение объема выемки ΔV с 1 п.м. выработки

$$\Delta V = \Delta S \cdot 1 \cdot \gamma \quad [\text{м}^2 \cdot 1 \text{м} \cdot \text{т}/\text{м}^3] = (20,86 - 19,31) \cdot 1 \cdot 1,34 = 2,08 \text{ т/п.м.};$$

$\Delta S = S_{csp} - S_{un}$ – изменение площади сечения выработки от крепления разным профилем.

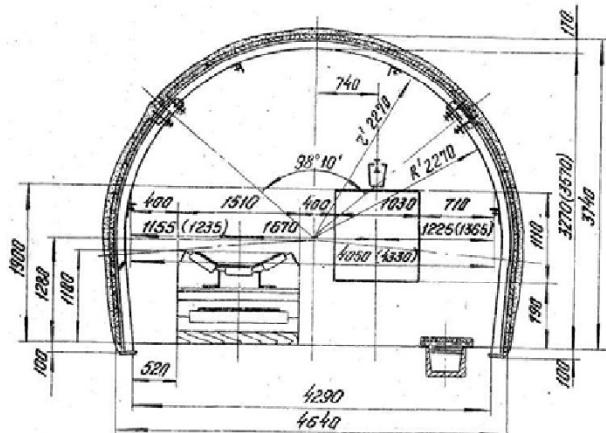


Рис.2 Типовое сечение кверилага или штрека с крепью из профиля СВП27.

2.2. Время на выемку объема ΔV

$$t_{\Delta V} = \frac{\Delta V}{P_{mex}}; \quad [\text{т:т/мин}] = [\text{мин}],$$

где P_{mex} – техническая производительность комбайна, $[\text{м}^3/\text{мин}]$:

$$t_{\Delta V} = (2,08 \text{ т/п.м}) / (1,42 \text{ м}^3/\text{мин}) \times (1,34 \text{ т}/\text{м}^3) = 1,095 \text{ мин/п.м.}$$

2.3. Определение эффекта от снижения выемки горной массы $\mathcal{E}_{\Delta V} = N_k \cdot t_{\Delta V} \cdot T_{э/э}$ [руб.], где N_k – установленная мощность комбайна, кВт; $T_{э/э}$ – тариф за электроэнергию, руб./кВт·час:

$$\mathcal{E}_{\Delta V} = (75 \text{ кВт}) \cdot (1,095 \text{ мин/п.м.}) \cdot (0,88 \text{ руб./кВт·ч}) = 1,2 \text{ руб./п.м.}$$

3. Экономический эффект $\mathcal{E}_{\Delta M}$ от снижения металлоемкости крепи ШП по сравнению с СВП

3.1 $\Delta M = M_1 - M_0$ [кг/м] – снижение металлоемкости, где M_1 – металлоемкость СВП27, вес 1 п.м. в кг 27,0 кг/м (табл.2.2 [3,с.79]); M_0 – металлоемкость ШП26, вес 1 п.м. в кг 26,33 кг/м (там же).

3.2. P – периметр выработки (м), определим по формуле:

$$\frac{2\pi R}{2} + 2H = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot (3,457 + 0,05)}{2} + 2 \cdot 1,9 = 14,81 \text{ м.}$$

Приняв длину выработки $L = 1000$ м, расстояние l между стойками = 1 м, число арок на один пролет - 2 и цену 1 п.м профиля $\Pi_{n.m}$ (рыночная цена ≈ 12000 руб/т), т.е. $\approx 324,3$ р/кг·п.м, то при $\Delta M = 630$ г/м

$$\mathcal{E}_{\Delta M} = 0,63 \cdot 2/3 \cdot 14,81(1000/1 \cdot 2) \cdot 324,3 = 998519,37 \text{ руб./1000 п.м.}$$

4. Определение экономического эффекта от снижения трудоемкости работ по креплению горных выработок при переходе с профилей с типа СВП на тип ШП

Для горнопроходческих работ снижение трудоемкости направлено на снижение затрат труда

и рабочего времени на проходческий цикл, который включает весь комплекс рабочих процессов, направленных на подвигание забоя за цикл (согласно Укрупненным комплексным нормам выработки норма выработки в (м) и трудоемкость работ (чел.-сменах) взаимосвязаны).

Основываясь на логике пропорциональности распределения трудозатрат затрат на проходку 1 п.м. по всей площади сечения выработки, можно определить разницу в площади оконтуривания выработки вчерне и уменьшение площади сечения от уменьшения высоты профиля СШ по сравнению с СВП.

Выполним **примерный расчет** по оценке экономического эффекта за счет снижения трудоемкости работ по креплению горных выработок при переходе с профилей типа СВП 27 на ШП 26 на 1000 м горной выработки.

Основные параметры для расчетов приняты по рис. 2. Типовое сечение квершлага или штreta с крепью из профиля СВП 27.

Для определения экономического эффекта за счет снижения трудоемкости работ по креплению горных выработок при переходе с профилей типа СВП-27 на ШП-26 (см. данные табл. 3 - 4) принимаем соответствующие укрупненные нормы с соответствующим сечением в проходке, что отражает табл.2.

Таблица 2

ШП	26	19,2
СВП	27	19,2
УКНВ	20,1- 22,0	0,796

Алгоритм расчета:

4.1. Определяем разницу в сечении горных выработок вчерне от подготовки забоя к креплению профилями ШП26 и СВП 27 $\Delta S = S_2 - S_1$ (m^2), а далее коэффициент изменения трудоемко-

сти по дополнительным объемам проходки – $K = \Delta S / S_2$.

4.2. Площадь вчерне для профиля СВП, m^2 (рис.2 и табл.2, 3)

$$S_1 = S_{ig} - \Delta S_{h_2-h_1} + S_{чипсф} + S_{чипборт}$$

a) В среднем разница высоты профилей = 20мм, что дает уменьшение площади по всему полупериметру выработки за счет конструктивных особенностей $\Delta S_{h_2-h_1} = \frac{\pi(R+r_2)^2 - (R+r_1)^2}{2}$,

где R – радиус изгиба стоек арочной крепи соответственно 2,05; 2,12; 2,775; 3,071 и 3,457 м (табл. 1)

$$\Delta S_{h_2-h_1} = 3,14 \frac{(3,457 + 0,0123)^2 - (3,457 + 0,01096)^2}{2}$$

=0,524 m^2 с одной рамы (2 рамы на метр выработки), т. е «экономия» в сечении $0,524 \cdot 2 = 1,0484 m^2$ с 1 п.м проходки.

б) примем увеличение площади вчерне по сфере $S_{чипсф}$ на 5 см

$$S_{чипсф} = \pi \frac{(R+5)^2 - R^2}{2} = 0,39 \text{ } m^2$$

или на 1 п.м. $0,39 \cdot 2 = 0,78 \text{ } m^2$

в) дополнительная площадь вчерне по бортам выработки, m^2 $S_{чипборт} = 2H \cdot 0,05 = 0,19 \text{ } m^2$ с одной рамы, т.е. с 1 п.м. $0,19 \text{ } m^2 \cdot 2 = 0,38 \text{ } m^2$ (H – высота прямоугольной части сечения выработки согласно конструктивным параметрам для СВП27, 1900 мм).

С учетом $S_{ин} = 19,2 \text{ } m^2$ (сечение в свету),

$$S_1 = 19,2 - 1,0484 + 0,78 + 0,38 = 19,31 \text{ } m^2$$

4.3. Высота профиля

Таблица 3. Размеры поперечных сечений профилей ШП и СВП

Номер профиля ШП	Сечение выработки в свету для ШП, $S_{ин}$ (m^2)	Номер профиля СВП	Сечение выработки в свету для СВП, $S_{свп}$ (m^2)
16	5,0	17	5,0
18	5,0	22	6,8
18	6,8	17	9,0
21	6,8	17	10,0
16	9,0	22	10,0
18	9,0	22	12,9
16	10,0	27	12,9
18	10,0	27	16,2
21	10,0	27	19,2
21	12,9		
26	12,9		
26	16,2		
26	19,2		
32	19,2		

Таблица 4. Некоторые сравнительные технические характеристики ШП и СВП

Тип профиля	Номер профиля	Высота профиля h_1 и h_2 , мм	Площадь поперечного сечения, $S(m^2)$
ШП	13	68,0	20,99
СВП	14	88,0	38,7
ШП	16	74,0	17,11
СВП	17	94,0	21,73
ШП	18	82,0	23,95
СВП	19	102,0	24,44
ШП	21	88,0	26,68
СВП	22	110,0	27,91
ШП	26	98,4	33,47
СВП	27	123,0	34,37
ШП	32	109,6	41,82
СВП	33	137,0	42,53

$$\Delta S_{h_2} = 3.14 \cdot \frac{(3.457 + 0.0123)^2 - 3.457^2}{2} = 0.25 \text{ м}^2$$

с одной рамы - «экономия» в сечении 0,5 м² с 1 п.м. проходки .

4.4. Площадь вчерне для профиля СВП, м² при учете реальной высоты профиля:

$$S_2 = S_{СВП} + \Delta S_{h_2} + S_{ЧСВПСФ} + S_{ЧСВПБОРТ} = 20.86 \text{ м}^2$$

4.5. Коэффициент уменьшения площади дополнительной выемки при креплении ШП

$$K = \Delta S / S_2 = \frac{2086 - 19.31}{20.86} = 0.074$$

4.6. Нормативная трудоемкость (T_n) на проведение горных выработок комбайном ГПК (по укрупненным комплексным нормам выработки) УКНВ для шахт Кузнецкого бассейна (табл. [52, с.150]) – с транспортированием горной массы от конвейера и креплением металлической арочной крепью (табл. 5). Норма на 1 п.м – 0,796, 6 разряд – 0,116; 5 разряд – 1,14. Тарифы – 311 руб./см. и 268 руб./см.

$$ЗП = T_6 \cdot T_{cm} + T_5 T_{cm} = 0,116 \cdot 311 + 1,14 \cdot 268 = 322,62 \text{ руб./м}$$

4.7. Реальная трудоемкость (T_p) на проведение горных выработок комбайном ГПК с учетом коэффициента уменьшения площади дополнительной выемки горной массы при креплении ШП (исходя из принципа пропорциональности распределения затрат на единицу площади сечения гор-

ной выработки).

$$T_{p_6} = T_n \cdot K = 0.116 (1 - 0.074) = 0.107$$

– для 6 разряда;

$$T_{p_5} = T_n \cdot K = 1.14 (1 - 0.074) = 0.056$$

– для 5 разряда.

4.8. Заработка плата на 1м проведения горной выработки при реальной трудоемкости:

$$ЗП = T_{p_6} \cdot T_{cm} + T_{p_5} T_{cm} = 0,107 \cdot 311 + 1,056 \cdot 268 = 316.27 \text{ руб./м (табл. 4).}$$

4.9. Экономический эффект за счет снижения трудоемкости работ по креплению горных выработок при переходе с профилей типа СВП на ШП (на 1000 м горной выработки):

$$\mathcal{E}_T = (ЗП - ЗП_p) \cdot 1000 = (372,38 - 316,27) \cdot 1000 = 56110 \text{ м}$$

5. Экономический эффект, возникающий при креплении горных выработок, при переходе с профилей СВП на ШП в аспекте снижения времени проходческого цикла

Приведенные локальные эффекты совокупно влияют на общую экономию времени.

Во-первых, уменьшение площади сечения забоя, в среднем разница высоты профилей =20 мм, что уменьшает площадь по всему полупериметру выработки за счет конструктивных особенностей (реально это не менее 50-100 мм) - сокращается фактическое время по выемке горной массы комбайном;

Во-вторых, логично учесть, что уменьшение

Таблица 5. Выборка из укрупненных комплексных норм выработки при проведении выработки комбайнами ГПК и креплением металлической арочной крепью с отношением площади угольного забоя к общей площади сечения выработки 91-100% *

Площадь сечения выработки в проходке, м ²	Норма выработки в (м) при расстоянии между рамами 1м	Трудоемкость, чел.-смен
7,6-8,0	1,56	0,094/ 0,548
8,1-9,5	1,4	0,094/ 0,622
9,6-10,0	1,38	0,098/ 0,627
10,1-11,0	1,25	0,098/ 700
11,1-12,0	1,24	0,102/0,704
12,1-12,5	1,14	0,102/0,776
12,6-14,0	1,13	0,106/ 0,781
14,1-15,5	1,03	0,111/ 0,863
15,6-16,0	1,02	0,116/0,868
16,1-18,0	0,943	0,116/0,967
18,1-20,0	0,872	0,116/ 1,031
20,1-22,0	0,796	0,116/1,14

Таблица 6. Тарифные ставки рабочих шахт 01.01.2006г

Профессия	Разряд	Тариф, руб./смену
Машинист горно-вымочных машин	6	311
Горнорабочий очистного забоя	5	268
Горнорабочий очистного забоя	4	234
Проходчик	5	268
Электрослесарь	5	268
Электрослесарь	4	234
Электрослесарь	3	208
Машинист подземных установок	3	208
Машинист подземных установок	2	188
Горнорабочий подземный	2	188
Горнорабочий подземный	1	173

* в числителе трудоемкость работ 6 разряда, в знаменателе – 5 разряда

массы и высоты подъема шахтного профиля «верхняка» на лишние 10см., при многоциклических операциях крепления забоя, также экономит время и затраты физической энергии исполнителями на каждой раме крепи (фактически рассчитать сложно, но возможно при хронометраже рабочего времени для каждого конкретного забоя).

Относительно первого пункта расчеты ведутся следующим образом.

5.1 Снижение объема выемки горной массы (ΔV) с 1 п.м. выработки

$$\Delta V = \Delta S \cdot 1m \cdot \gamma_{\text{сн}} [\text{м}^2 \cdot \text{м} \cdot \text{т}/\text{м}^3] = [\text{т}];$$

$\Delta S = S_{\text{сп}} - S_{\text{ин}}$ – изменение площади сечения выработки от крепления профилем СВП и ШП.

5.2 Время на выемку объема ΔV на 1п.м.

$$t_{\Delta V} = \frac{\Delta V}{P_{\text{тех}}} ; [\text{т}:\text{мин}] = [\text{мин}], \text{ где } P_{\text{тех}} \text{ – техническая производительность комбайна, [\text{т}/\text{мин}].}$$

5.3. Отношение $t_{\Delta V}$ к продолжительности основных операций (времени выемки горной массы) – $t_{\text{осн}}$ (коэффициент резерва времени на увеличение скорости проходки в пределах рабочей смены):

$$K = t_{\Delta V} / t_{\text{осн}}.$$

5.4. В денежном выражении эффект от снижения времени на выемку горной массы будет определен получением больших объемов (ΔV) проходки за единицу времени (м/цикл, м/сутки, м/месяц, м/год), при работе комбайна с той же технической производительностью, т.е. увеличивается эффективное время работы ГПКС

Таблица 7. Расценка сдельная по проходке 1п.м. рассчитанная по укрупненным нормам выработки (упрощенная форма)

Наименование работ на цикл	Объем работ на цикл (смену)	Норма выработки, м	Трудоемкость, чел.-смен/цикл	Трудоемкость в смену	Сумма зарплаты, руб./цикл		Зарплата, руб./цикл
					разряд	ставка, руб./смену	
Выемка угля ГПКС	1 м/цикл	0,796	0,116	0,464	VI	311	144.30
			1,14	4,56	V	268	1222.08
ИТОГО	4 м/см		1,256	5,024			1366.38

$$\mathcal{E}_k = (V_{\text{мес}} \cdot P_{\text{cd}}) - [(1+K)(V_{\text{мес}} \cdot P_{\text{cd}})]$$

Согласно технической характеристике проходческий комбайн 1ГПКС-00 имеет:

- производительность по углю и породе при $\sigma_{\text{сж}} \leq 20 \text{ МПа} - 1,42 \text{ м}^3/\text{мин};$
- мощность электродвигателя исполнительного органа в длительном и часовом режиме – 55/75 кВт.

Средний план проходки горных выработок около 300 м/мес., режим работы – 26 рабочих

дней, 3 смены по проходке, план 4 м за смену. Звено – 3 человека , один. – МГВМ 6 разряда, 2 проходчика 5 разряда. За основу берутся данные табл.4, итоги в табл.5 (норма выработки-0,796 м на раму , трудоемкость 0,116 / 1,14 чел.-смен).

5.5. **Расценка сдельная** укрупненно представлена табл.5. Коэффициент относительного увеличения объемов проходки (K), при сокращении времени проходческого цикла будет изменяться пропорционально изменению площади сечения вчерне оконтуриваемого забоя для различных типов профилей СВП27 и ШП26.

$$K = \frac{\Delta S}{S_2} = \frac{20.86 - 19.31}{20.86} = 0.074 .$$

$$\text{С учетом } P_{\text{cd}} = \frac{1366,38}{4} = 341,60 \text{ руб./м}$$

экономический эффект от снижения времени проходческого цикла составит:

$$\mathcal{E}_k = 300 \cdot 341,6 - (1 + 0,074)(300 \cdot 341,6) = -7583,52 \text{ руб./мес.}$$

Таким образом **интегрированный экономический эффект** от рационального выбора вида и параметров крепи при альтернативном креплении профилями типа СВП и ТИПА ШП определится следующими показателями

1. **Экономический эффект от снижения аэrodинамического сопротивления крепи**, выраженный через затраты электроэнергии на проветривание горных выработок

$$\Pi = T_m \cdot \Delta N_m + \Delta N \cdot t \cdot T_{\text{вент}} = 29293,44 + 13404 \\ 42697,44 \text{ руб./год с одного вентилятора (вентиляторов как минимум два, т.е. 85394,88руб./год).}$$

2. **Экономический эффект от снижения выемки горной массы** при замене арочной крепи из

профиля СВП на профиль ШП за счет уменьшения сечения вчерне ($S_{\text{черне}}$) (за счет меньшей высоты профиля ШП по сравнению с СВП) при одинаковом сечении в свету ($S_{\text{в свету}}$)

$$\mathcal{E}_{\Delta V} = (75 \text{ кВт}) \cdot (1,095 \text{ мин/п.м}) \cdot (0,88 \text{ руб/кВт·ч}) \\ = 1,2 \text{ руб/п.м. (на 1000м – 1200 руб).}$$

3. **Экономический эффект от снижения металлоемкости** профиля ШП в сравнении с СВП при сохранении прочностных свойств

УДК 622.285

В.В. Аксенов, А.Ю. Дугина

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВНЕШНЕГО ДВИЖИТЕЛЯ ГЕОХОДА

Сооружение капитальных подземных выработок горнодобывающих предприятий, городских коллекторных магистралей и перегонных тоннелей метро представляет собой трудоемкий и дорогостоящий процесс. Задачи повышения скорости проходки, производительности труда, снижения стоимости работ, вопросы безопасности стояли всегда, но особенно они обострились в условиях перехода к рыночным отношениям.

Существующие технологии проведения горных выработок, рассматривая проходку как процесс создания полости в подземном пространстве, развиваются по пути увеличения мощности и металлоемкости оборудования, что вызывает ухудшение маневренности и ограничение области их применения, главным образом, горизонтальными выработками.

Перемещение горнопроходческих комбайнов традиционного исполнения осуществляется по почве проводимой выработки с помощью гусеничного хода.

Гусеничный двигатель (ГД), обладая рядом существенных достоинств: относительно низкое удельное давление на почву выработки, высокую проходимость при преодолении препятствий, больше всего подходит для работы на контакте твердой и воздушной сред. Поэтому ГД широко используется в строительной технике и в оборудовании для открытых горных работ. Но, к сожалению, ГД может работать только на горизонтальных и слабонаклонных поверхностях. Поэтому, областью применения комбайнового способа проходки при использовании у комбайнов ГД являются горизонтальные и слабонаклонные выработки.

В качестве альтернативного подхода к проведению горных выработок в ИУУ СО РАН было предложено рассматривать проходку горных выработок как процесс движения твердого тела (проходческого аппарата) в твердой среде (породе, геосреде).

Действительно, если обратиться к воздушным и водным средам, то перемещение, например, самолета или подводной лодки в соответствующих средах, рассматривается в базовой научно-технической постановке как процесс движения твердого тела в га-

зообразной и жидкой средах. При этом:

1) Перемещение самолета в воздушной среде осуществляется благодаря взаимодействию внешнего движителя, выполненного в виде винта (см. рис.1а), с воздушной средой. В воздушном винте радиально расположенные профилированные лопасти, вращаясь, отбрасывают воздух и тем самым создают силу тяги вдоль продольной оси самолета и обеспечивают его подъемную силу и движение вперед [2].

2) Перемещение подводной лодки происходит

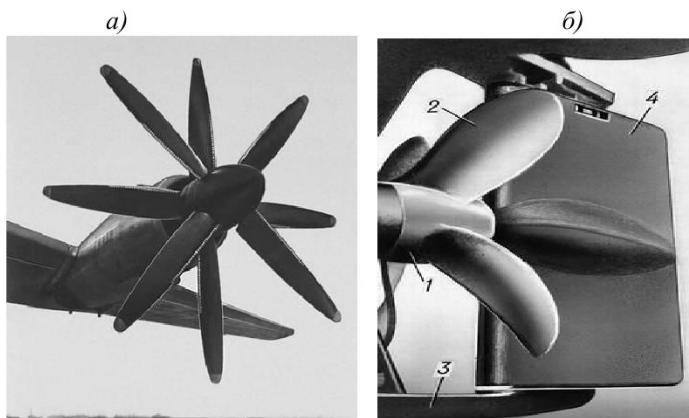


Рис.1 Внешние движители: а – воздушный винт самолета; б – гребной винт подводной лодки.

благодаря взаимодействию внешнего движителя (гребного винта) с водной средой (рис.1б.). Греб-

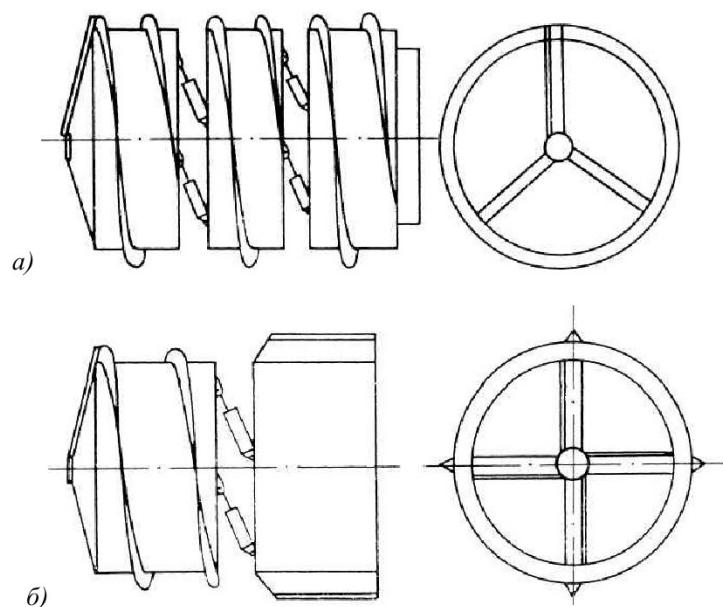


Рис.2. Конструктивные схемы геоходов: а – ЭЛАНГ-3; б – ЭЛАНГ-4.