

УДК 622.272

В.В. Мельник, А.Н. Абрамкина, Л.И. Шулятьева

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Изложена методика моделирования параметров технологического процесса при проведении выработок буровзрывным способом. Предложена схема формирования параметров подсистемы. Приведены модели их расчёта.

Ключевые слова: вскрытие и подготовка новых горизонтов, технологический процесс, параметры процесса, рабочая операция, трудоёмкость операций, скорость проведения выработки.

Подсистема «горно-подготовительные работы» (ГПР) находится под воздействием, как технологических факторов смежных подсистем, так и под влиянием горно-геологических условий функционирования внутри подсистемы, которые создают определенные трудности и накладывают ограничения в выборе решений при разработке технологических схем и формировании параметров технологического процесса и смежных подсистем, в частности. Динамический характер развития подсистемы ГПР в пространстве и времени (как и очистных работ), предопределяет необходимость совместной оптимизации параметров технологических схем и технологических процессов этих подсистем.

Объектом исследования подсистемы ГПР является технологический процесс проведения подземной горной выработки, параметры которого во взаимодействии с другими процессами определяют выбор технологических схем вскрытия, подготовки и систем разработки, применяемых на шахте. К параметрам технологи-

ческого процесса относятся сменная скорость проходки ($V_{пр}$), продолжительность проведения ($t_{пр}$), численность проходческого звена ($Ч_{пр}$). В исследованиях рассмотрены технологические схемы: способ проходки выработок, тип проходческого оборудования, способ транспортирования горной массы от забоя, вид транспортного оборудования, тип крепи в выработке. Сочетание этих ТС определяет в целом технологическую схему проведения выработки, а также формируют алгоритм оптимизации параметров подсистемы. В данной работе изложена методика формирования параметров проходческого цикла при проведении выработок буровзрывным способом (БВР).

Моделирование параметров основано на использовании метода исследования длительности и трудоёмкости операций. Скорость проведения горной выработки ($V_{пр}$)

- протяжённой:

$$V_{пр} = l_{ц} \times N_{цсм} \times N_{см}$$

- непротяжённой:

$$V_{пр} = V_{ц} \times N_{цсм} \times N_{см}$$

где l_u - подвигание забоя за цикл, м,
 $l_u = l_{un} \times l$, l - коэффициент использования шпура; $l_{шп}$ - длина шпура, м,
 $l_{un} = 3,308 - 0,226 f_{cp}$, V_u - объём отбитой горной массы на цикл,
 $V_u = l_u \times S''_{np}$, м³/цикл, S''_{np} - площадь выработки, обуриваемой за один цикл, м²; $N_{цсм}$ - расчетное число циклов в смену, $N_{цсм} = T_{см} : t_{ц}$, где $N_{см}$ - число смен по проведению выработки в сутки; $t_{ц}$ - продолжительность цикла, мин., при максимальном совмещении операций

$$t_{ц} = t_{бур} + (t_{погр} + t_{крц}) \times k_c + t_{всп}, \text{ мин./цикл,}$$

k_c - коэффициент совмещения операций, в проходческом забое, $0,85 \leq k_c < 1$; $t_{бур}$ - длительность операций по бурению, заряданию и взрыванию шпуров, мин./цикл,

- для протяжённых выработок

$$t_{бур} = t_{нз} + \frac{Q_{б}}{N_{об} \times V_{б}} + t_{шш} + t_{nc} + t_{озв} + t_{pn},$$

мин./цикл,

где $t_{нз}$ - работы по подготовке забоя к бурению,

$$t_{нз} = 0,373 \times k_{нз} \times \frac{Q_{б}}{l_{un}}, \text{ мин./цикл,}$$

$k_{нз}$ - коэффициент, учитывающий вид бурильного оборудования,

- для ручных электросвёрел

$$k_{нз} = 0,009 + 0,038 f_{cp} + 0,0072 f_{cp}^2,$$

- для прочего оборудования

$$k_{нз} = 0,014 + 0,044 f_{cp} + 0,008 f_{cp}^2;$$

$N_{об}$ - количество единиц оборудования в выработке, $Q_{б}$ - объём работ по бурению шпуров на цикл, шпм, согласно паспортам,

- для протяжённых выработок

$$Q_{б} = (0,153 + 0,0225 f_{cp}) \times (0,567 S_{np} + 3,073) \times l_u,$$

$$- \text{ для непротяжённых выработок}$$

$$Q_{б} = V_u \times (0,153 + 0,0225 f_{cp}) \times (0,567 + \frac{3,073}{S_{np}}),$$

шпм/цикл;

$V_{б_k}$ - производительность k -й единицы бурильной установки по бурению шпуров, шпм/мин.,

$$V_{б_k} = P_{бу_k} (1,036 - 0,0036 \alpha_e) \times (0,219 + 0,049 f_{cp})^{-1},$$

$P_{бу_k}$ - техническая производительность установки при $f_{cp} = 16$,

шпм/мин.; $t_{шш}$ - продолжительность извлечения и смены штанг, мин./цикл,

$$t_{шш} = 0,417 \times l_u,$$

t_{nc} - продолжительность передвижки станка, мин./цикл,

$$t_{nc} = 8,042 \times K_{nc} \times l_u,$$

K_{nc} - количество позиций для обуривания забоя,

$$K_{nc} = \{S_{пр} : B_{бу}\},$$

$B_{бу}$ - ширина забоя, обуриваемого с одной позиции, принимается согласно техническому паспорту бурильной установки, м; $t_{озв}$ - продолжительность работ по очистке, заряданию, взрыванию шпуров, и проветриванию забоя,

$$t_{озв} = k' \times Q_{б} \times (0,65 + \frac{0,63}{l_{un}}), \text{ мин./цикл;}$$

k' - коэффициент, учитывающий вид оборудования по бурению, для ручных электросвёрел $k' = 1,37$, для прочих $k' = 1,687$, t_{pn} - продолжительность регламентированных перерывов на проветривание выработки, мин./цикл, $t_{pn} \leq 30$ мин./цикл; $t_{кр}$ - длительность операций по креплению горной выработки, мин./цикл; $t_{всп}$ - продолжительность выполнения

вспомогательных операций, не перекрываемых основными, мин.,

$$t_{всн} = l_{ц} \times (t_{нрп} + t_{вк} + t_{нтр} + t_{нкон}) \times k_{с'},$$

мин/цикл,

$k_{с'}$ - коэффициент совмещения вспомогательных операций во времени с основным процессом, $k_{с'} \leq 0,75$, $t_{нрп}$ - продолжительность работ по наращиванию рельсового пути, мин/м,

$$t_{нрп} = 35,643 N_{рп} k_{ркл} \times (0,937 + 0,046 f_{ср} - 0,002 f_{ср}^2),$$

$N_{рп}$ - количество рельсовых путей в выработке; $k_{ркл}$ - коэффициент, учитывающий размер колеи, для колеи 600 мм $k_{ркл} = 1$, для колеи 900 мм $k_{ркл} = 1,107$; $t_{вк}$ - продолжительность операций по проведению и креплению водоотливной канавки, включает операции по выравниванию боков и дна и крепление,

$$t_{вк} = k_{вк} \times (0,963 + 0,014 f_{ср} - 0,0001 f_{ср}^2),$$

мин/м,

$k_{вк}$ - коэффициент, учитывающий способ крепления канавки,

- без крепления: $k_{вк} = 13,139$,

- крепление железобетонными желобами: $k_{вк} = 46,17$,

- бетонирование: $k_{вк} = 60,75$;

$t_{нкон}$ - продолжительность операций по наращиванию конвейеров в проводимой выработке

- для скребковых конвейеров:

$$t_{нкон} = 0,054 T_{см} (0,05 \alpha_{в} + 0,4) \times \text{мин/м};$$

$$\times (0,033 S_{св} + 0,501)$$

- для ленточных телескопических конвейеров

$$t_{нкон} = 0,046 \times T_{см} \times (0,033 \times \alpha_{в} + 0,501),$$

мин/м;

$t_{нтр}$ - длительность операций по наращиванию труб вентиляции и орошения

$$t_{нтр} = 0,031 \times T_{см} \times (0,008 \times \alpha_{в} + 0,907),$$

мин/м;

$t_{погр}$ - длительность операций по погрузке горной массы, мин/цикл;

$$t_{ногр} = \frac{Q_{ногр}}{V_n \times N_{об}} + t_p + t_{в}, \text{ мин/цикл},$$

$Q_{погр}$ - объем работ по погрузке горной массы на цикл, м³/цикл,

$$Q_{ногр} = 1,1 S_{нр} \times l_{ц},$$

V_n - производительность погрузочной машины, м³/мин.,

$$v_n = \frac{P_{тех}^n}{60} k_n k_l k_c (1,14 - 0,08 f_{ср}) \times$$

$$\times (0,041 + 0,138 S_{нр} - 0,005 S_{нр}^2) \times (1,043 - 0,0398 \alpha_{в}),$$

$P_{тех}^n$ - техническая производительность погрузочной машины, м³/час;

k_n - коэффициент неравномерности разброса горной массы, согласно [1]

$k_n = 0,7$, для ковшовых машин,

$k_n = 0,85$ для машин с нагребными лапами;

k_c - коэффициент совместной работы машин в забое, согласно [1]

$k_c = 1$, если $N_{об} = 1$, $k_c = 0,85$,

если $N_{об} = 2$;

k_l - коэффициент, учитывающий расстояние транспортирования,

$$k_l = 0,134 + \frac{44,45}{l_{мп}}$$

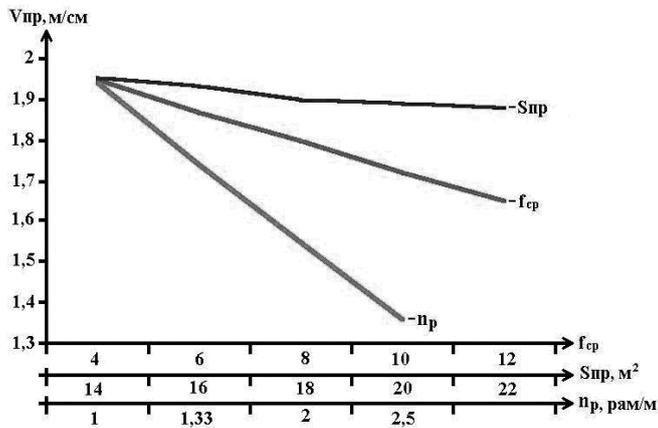
при использовании вагонеток, $k_l = 1$ - при использовании конвейеров, $l_{мп} = L_{в} / 2$.

$t_{крц}$ - продолжительность крепления забоя на цикл,

$$t_{крц} = l_{ц} \times \frac{t_{кр}}{n_p}, \text{ мин/цикл}.$$

В результате использования приведенных исследований получены модели формирования продолжитель-

а) 1ПНБ2Б погрузка в вагонетки, тип крепи – КВВ4



б) БУР-2, погрузка в вагонетки 1ПНБ2, крепь железобетонная арочная

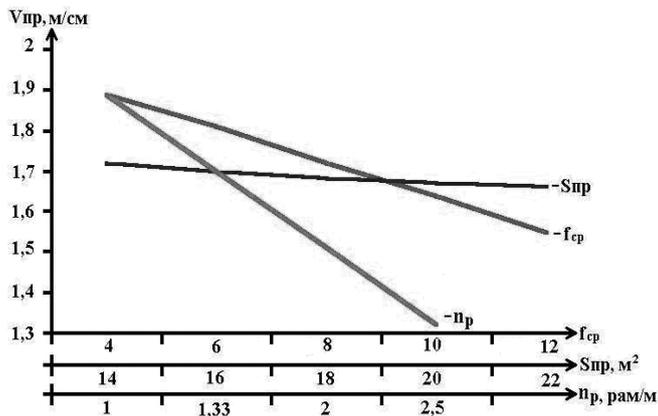


Рис. 1. Влияние горнотехнических факторов на скорость проведения выработок буровзрывным способом: $V_{пр}$ – скорость проходки выработки комбайном; f_{cp} – средняя крепость массива; $S_{пр}$ – сечение выработки в проходке, $м^2$; n_p – плотность установки крепи

ности операций по бурению шпуров, на основании этого установлены максимально возможные для данных типов оборудования скорости проведения выработок. Графическая интерпретация полученных результатов для некоторых типов оборудования приведена на рис. 1.

Численность проходческого звена определяется как

$$Ч_{кб}_l = \frac{\sum_{k=1}^K T_{рч}_{lk}}{t_{ч}_{lk}}, \text{ чел.},$$

где $T_{рч}_l$ – трудоемкость работ по k -й операции на цикл, чел-мин/цикл.

Трудоемкость работ при проведении выработки составит:

$$T_{рч} = T_{бур} + T_{озв} + T_{погр} + T_{ркр} + (T_{рчрп} + T_{рвк} + T_{рпв} + T_{ркон}) \times I_{ц},$$

чел-мин/цикл,

где $T_{бур}$ – трудоемкость работ по бурению, заряданию и взрыванию шпуров, $T_{бур} = t_{бур} N_{обсл}$, чел-мин/цикл,

$N_{обсл}$ – норматив численности по обслуживанию бурильного оборудования,

- для ручных электро-свёрл и перфораторов $N_{обсл} = 1,0$ чел.,

- для буровых станков и буропогрузочных машин $N_{обсл} = 2,0$ чел.,

$T_{погр}$ – трудоемкость работ по погрузке горной массы на конвейер или в вагонетки,

$$T_{погр} = t_{погр} \times N_{обсл}, \text{ чел-мин/цикл};$$

$N_{обсл}$ – норматив численности по обслуживанию погрузочной машины, чел.,

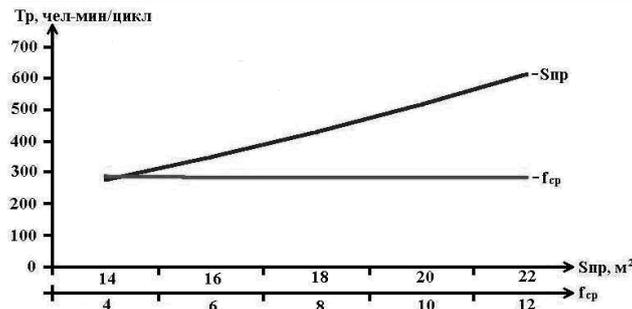
- при погрузке на конвейер

$$N_{обсл} = 2 \text{ чел.},$$

- при погрузке в вагонетки

Сравнение нормативных и прогрессивных скоростей проведения выработок

Горнотехнические условия	Скорость проведения, м/мес. (для условий Карагандинского и Кузнецкого бассейнов)	
	Нормативная	Расчётная
коэффициент крепости до 6	80	120
а) бурение, зарядание и взрывание коэффициент крепости более 6	60	100



б) погрузка горной массы в вагонетки в двухпутевой выработке

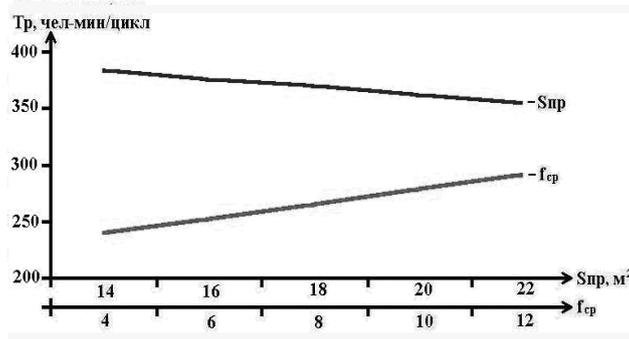


Рис. 2. Зависимости трудоемкости работ при проведении выработок буропогрузочной машиной 2ПНБ2Б по операциям: Тр – трудоемкость работ, чел-мин/цикл; fср – средняя крепость массива; Sпр – сечение выработки в проходке, м²; nр – плотность установки крепи

$$N_{обсл1} = 3,68 - \frac{42,9}{l_{пр}}, \text{ чел.};$$

T_{озв} – трудоемкость работ по очистке, заряданию и взрыванию шпуров, чел-мин/цикл,

$$T_{озв} = t_{озв} \times N_{обсл2},$$

N_{обсл2} – норматив численности рабочих, выполняющих операцию, чел.,

$$N_{обсл2} = Q_б \times \left[K_{об2} + \left(1,625 + \frac{1,575}{l_{ун}} \right) \right],$$

K_{об2} – коэффициент. Учитывающий вид бурильного оборудования,

- для ручных электро-свёрл K_{об2} = 0,05,

- для прочего оборудования K_{об2} = 0,367;

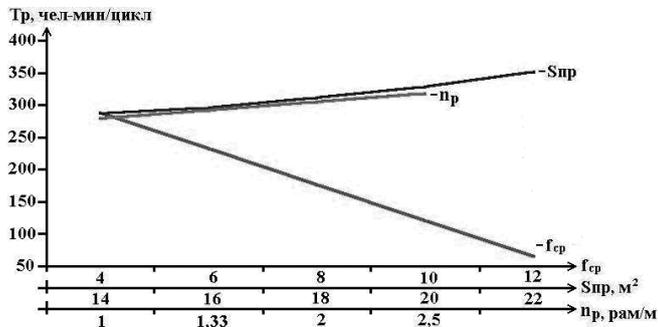
T_{рнрп} – трудоёмкость работ по наращиванию рельсовых путей,

$$T_{рнрп} = t_{рнрп} \times N_{рнрп}, \text{ чел-мин/м},$$

N_{рнрп} – норматив численности по выполнению операции, N_{рнрп} = 3 чел.

Результатом исследований являются установленные зависимости параметров технологического процесса для технологических схем проведения выработок с использованием БВР. Программная реализация предложенной методики расчета параметров использована при формировании и оптимизации параметров технологических схем процессов при вскрытии и подготовке запасов, а также при формировании и оптимизации технологической схемы шахты.

а) металлической арочной крепью



б) железобетонной арочной крепью

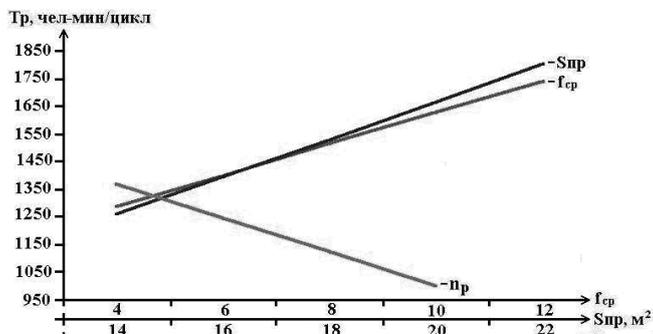


Рис. 3. Графики зависимости трудоемкости работ по креплению при проведении выработок от различных факторов: T_r – трудоемкость работ, чел-мин/цикл; f_{cp} – средняя крепость массива; $S_{пр}$ – сечение выработки в проходке, м²; P_p – плотность установки крепи

В таблице приведены данные для сравнения скоростей проведения выработок нормативных и рас-

считанных с использованием описанного алгоритма.

Графическая интерпретация моделей для двухпутевой выработки для буропогрузочной машины 2ПНБ2Б при креплении горной выработки металлической арочной и железобетонной арочной крепью приведена на рис. 2 и 3. Прогрессивные скорости проведения выработок как комбайнами, так и с использованием БВР, согласно таблице, на 50-66 % выше, чем используемые при разработке проектов вскрытия и подготовки новых горизонтов. Несоответствие параметров проведения выработок техническим возможностям используемого оборудования обусловлено тем, что нормативные параметры рассчитаны на средние значения горнотехнических параметров проводимых выработок и не отражают горно-геологические факторы ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник инженера - шахтостроителя. В 2-х томах. Том 2 /Под общей ред. В.В.Белого. – М., Недра, 1983. – 423 с. **ИИЛБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мельник В.В. – доктор технических наук, зав. кафедрой,
Абрамкина А.Н. – аспирантка,
Шулятьева Л.И. – кандидат технических наук,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru