

УДК 622.274:622.235

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИНИЙ НАИМЕНЬШЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ И ОТБОЙНЫХ ШПУРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЕКЦИОННЫХ ВРУБОВ

Кабетенов Т., Юсупов Х.А., Рустемов С.Т., Егембердиев Р.И.

НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет», Алматы,  
e-mail: kabetenov\_t@mail.ru

Проведен анализ состояния определения линии наименьшего сопротивления (ЛНС) шпуровых зарядов и показано дальнейшее совершенствование методики с учетом их изменчивости в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Приведены расчеты ЛНС с учетом длины заряда, диаметра, плотности и скорости детонации ВВ. Полученные значения и их опробование в производственных условиях с изменяющимися горнотехническими условиями показали, что заряды этих шпуров и скважин работают безотказно. Выход негаритных кусков не превышает 5-8%. Установлено что, если коэффициент сближения будет больше 1, то расчет отличается от известных. В отличие от известных определение параметров буровзрывных работ осуществляется изменением показателя коэффициента сближения. Доказано, что между коэффициентом сближения ( $m$ ) и коэффициентом использования шпуров (КИШ) существует тесная связь, т.е. с увеличением коэффициента сближения увеличивается КИШ. Приводится пример обосновывающий что, увеличение коэффициента сближения шпура снижает потери полезных ископаемых как в целиках, так и в массиве.

**Ключевые слова:** шпуровая и скважинная отбойка, коэффициент использования шпура, коэффициент сближения шпура разрушения

## DEFINITION OF THE LINES SMALLEST RESISTANCE OF AUXILIARY AND BREAKING SHOTS WHEN USING SECTION CUTS

Kabetenov T., Yusupov H.A., Rustemov S.T., Yegemberdiyev R.I.

JSC «The Kazakh National Research Technical University» of K.I. Satpayev, Almaty,  
e-mail: kabetenov\_t@mail.ru

The analysis of a condition of definition of the line of the smallest resistance (LSR) of the holo charges is carried out and further improvement of a technique taking into account their variability in various mining-and-geological and mining conditions is shown. Calculations of LSR taking into account length of a charge, diameter, density and speed of explosive detonation are given. The received values and their approbation under production conditions with the changing mining conditions showed that charges of these shots and wells work smoothly. An exit of the undimensioned pieces doesn't exceed 5-8%. It is established that if the coefficient of rapprochement is more than 1, calculation differs from the known. Unlike of known determination parameters of drilling-and-blasting works is carried out by change of an indicator of coefficient of rapprochement. It is proved that between coefficient of rapprochement ( $m$ ) and the efficiency of shots (ES) there is a close connection, i.e. with increase in rapprochement coefficient the ES increases. The example proving that is given, the increase in coefficient of rapprochement of the shot reduces losses of minerals both in the pillar, and in the massif.

**Keywords:** hole and borehole breaking, shot efficiency, coefficient of rapprochement of the shot of destruction

*Оценка современного состояния проблемы и ее актуальность:* При проходке горных выработок особое значение первоначально уделяется врубовым шпурам, а затем вспомогательным и отбойным шпурам. Дело в том, что вспомогательные и отбойные шпуры должны достигать такой же глубины, что и врубовые шпуры. Если этого не произойдет, то в целом коэффициент использования шпура (КИШ) по забоям будет ниже, чем во врубовых шпурах. Как правило в таких случаях в забое остаются так называемые «станканы», т.е. не отбитая порода определенной глубины и по ним образуются трещины, создавая возможности откола от основной породы. Это – во первых показывает, что шпуры (штанговые шпуры) работали не эффективно, а во вторых создает опасность внезапного обрушения кусков горных пород, при этом высока вероятность получения травмы рабо-

тающих в забое по проходке горных выработок. В этой связи для достижения проектного КИШ необходимой величины проведены настоящие исследования.

### Материалы и методы исследования

В работе приводятся результаты многолетних исследований. Исследования проводились непосредственно на различных рудниках Республики Казахстан в различные периоды времени в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, например, рудники Миргалимсай, Жолымбет, Аксу, Бестюбе, Ушкатын, Жайремский ГОК, Акбакай, Бескемпирское месторождение.

### Результаты исследования и их обсуждение

Эффективность очистной выемки и проведения подготовительно-нарезных выработок определяется качеством отбойки, которая зависит от выбранного типа вруба. Выбор

типа вруба зависит от крепости пород, характера их напластования, трещиноватости очистного забоя, работоспособности ВВ.

Наиболее весомое влияние на основные показатели проходки оказывает глубина шпуров, зависящая от типа применяемого вруба, которая также определяет и качество врубовой полости и ее размеры. С увеличением объема врубовой полости увеличивается площадь обнажения, что создает благоприятные условия при взрывании следующих комплектов шпуров в забое. Увеличение длины врубовой полости позволяет повысить коэффициент использования шпуров. При этом врубы должны обладать значительной эффективностью (КИШ = 0,95÷0,98) без дополнительных расходов материалов, трудовых затрат и выполняться с помощью однотипного оборудования с минимальным объемам вспомогательных операций в процессе бурения.

Одним из путей повышения эффективности буровзрывных работ (БВР) является применение секционных способов образования врубовых полостей, конструктивные особенности которых позволяют значительно улучшить показатели шпуровой отбойки [5]. Физическая сущность предлагаемого способа образования врубовой полости заключается в том, что первоначально взрываются короткие шпуры первой секции на созданные компенсационные полости за счет незаряженной части длинных шпуров. В результате этого и образуется дополнительная компенсационная полость, которая улучшает работу длинных шпуров второй секции. Кроме этого при взрывании коротких шпуров в их торцевой части образуются зоны интенсивного переизмельчения и растрескивания и, таким образом, происходит запрессовка (забойка) незаряженной части смежных (ближних к ним) длинных шпуров крупнокусковой породой.

На основании теоретических и производственных исследований нами были предложены зависимости для определения параметров секционных врубовых шпуров [6], позволяющих повысить коэффициент использования шпура (КИШ). В связи с этим, для повышения эффективности буровзрывных работ в целом по забою, возникла необходимость определение линии наименьшего сопротивления (ЛНС) вспомогательных и контурных шпуров в забое.

Как известно, ЛНС при шпуровой отбойке определяется по формуле [1],

$$W = d \cdot \sqrt{\frac{0,785 \cdot \Delta \cdot k_3}{q \cdot m}}, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $d$  – диаметр шпура, м;  
 $\Delta$  – плотность заряжения, кг/м;

$k_3$  – коэффициент заполнения шпура;  
 $q$  – удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;  
 $m$  – коэффициент сближения зарядов, при электрическом взрывании  $m = 1 \div 1,5$ , при огнемом  $1,2 \div 1,5$ .

Такой подход к определению параметров шпуровой отбойки не всегда оправданно. Например, в [1] эффективность действия ВВ достигается тогда, когда коэффициент сближения находится именно под корнем квадратным. Кроме того в приведенной методике и другие авторы не учитывают скорости детонации ВВ например, в [7] указывается, что «Скорость детонации ВВ, хотя теоретически связана с теплотой взрыва, по ряду причин для промышленных ВВ в технической литературе не приводится однозначной связи между скоростью детонации ВВ и их общим взрывным действием».

В этой связи, нами установлено, что ЛНС скважинных зарядов зависит от скорости детонации ВВ и она определяется по формуле [3]:

$$W = 0,4 \cdot d^{0,684} \cdot (D \cdot \rho)^{0,342} \times \\ \times (l_c \cdot (0,73 + 0,00278 \cdot l_c 0,666 \cdot d)), \text{ м}, \quad (2)$$

где  $l_c$  – длина заряда скважин, м;  
 $d$  – диаметр скважин, м;  
 $D$  – скорость детонации ВВ, м/с;  
 $\rho$  – плотность заряда ВВ, г/см<sup>3</sup>.

Преобразуя полученную формулу [3], т.е. вместе длины скважин подставляя длину шпура, получим иное выражение для определения ЛНС шпурового заряда в виде:

$$W = 0,4 \cdot d^{0,684} \cdot (D \cdot \rho)^{0,342} \cdot (l_3)^{0,342}, \text{ м}, \quad (3)$$

где  $l_3$  – длина заряда шпура, м;  
 $d$  – диаметр шпура, м;  
 $D$  – скорость детонации ВВ, м/с;  
 $\rho$  – плотность заряда ВВ, г/см<sup>3</sup>.

Из параметров, входящих в (3), переменными величинами являются  $l_3$ ,  $d$ ,  $\rho$  и  $D$ , значения которых соответственно зависят от проектных размеров шпура и экспериментальной характеристики ВВ.

Полученную формулу (3) необходимо интерпретировать в зависимости от переменных величины т.е. от  $l_3$ ,  $d$ ,  $\rho$  и  $D$ .

В табл. 1 показана зависимость ЛНС от длины шпуров и скважин при  $d = 0,055$  м тип ВВ игданит.

В работе [7] показано, что для условий Миргалимсайского месторождения между ЛНС скважинного и шпурового заряда существует следующая зависимость:

$$W_{\alpha} = 1,64 \cdot \kappa_{ВВ} \cdot W_{ЭТ} \cdot d_{скв}, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $d_{скв}$  – диаметр скважины м;  $\kappa_{ВВ}$  – категория породы по взрываемости;  $W_{ЭТ}$  – эта-

лонная ЛНС шпурового заряда в зависимости от категории взрываемости пород и руд Миргалимсайского месторождения.

На рис. 1 показана зависимость ЛНС от длины шпура и скважин при  $d = 0,055$  м тип ВВ игданит.

В табл. 2 показана зависимость ЛНС от длины шпура и скважин при  $d = 0,055$  м ВВ гранулит АС-8.

На рис. 2 показана зависимость ЛНС от длины шпура и скважины при  $d = 0,055$  м тип ВВ гранулит АС-8.

Таблица 1

Зависимость ЛНС от длины шпуров и скважин при  $d = 0,055$  м тип ВВ игданит

Лск		d	D	$\rho$	L		W	W
8	0,4	0,055	3300	1,1	5,6	16,50016	1,6362	0,997683
11	0,4	0,055	3300	1,1	7,7	16,50016	1,824467	1,11248
6	0,4	0,055	3300	1,1	4,2	16,50016	1,482885	0,904198
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2	0,4	0,055	3300	1,1	1,4	16,50016	1,018432	0,620995
1,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,05	16,50016	0,923002	0,562806
3,5	0,4	0,055	3300	1,1	2,45	16,50016	1,233249	0,751981
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
3,5	0,4	0,055	3300	1,1	2,45	16,50016	1,233249	0,751981
3,5	0,4	0,055	3300	1,1	2,45	16,50016	1,233249	0,751981

Таблица 2

Зависимость ЛНС от длины шпура и скважин  $d = 0,055$  м ВВ гранулит АС-8

Лск		d	D	$\rho$	L		W	W
8	0,4	0,055	3300	1,1	5,6	16,50016	1,6362	0,997683
11	0,4	0,055	3300	1,1	7,7	16,50016	1,824467	1,11248
6	0,4	0,055	3300	1,1	4,2	16,50016	1,482885	0,904198
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2	0,4	0,055	3300	1,1	1,4	16,50016	1,018432	0,620995
1,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,05	16,50016	0,923002	0,562806
3,5	0,4	0,055	3300	1,1	2,45	16,50016	1,233249	0,751981
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
2,5	0,4	0,055	3300	1,1	1,75	16,50016	1,099196	0,670241
3,5	0,4	0,055	3300	1,1	2,45	16,50016	1,233249	0,751981

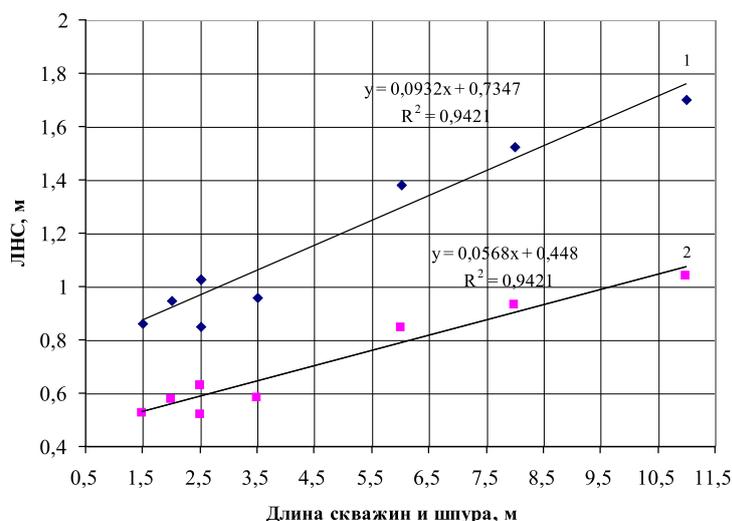


Рис. 1. зависимость ЛНС от длины шпура и скважин при  $d = 0,055$  м тип ВВ игданит.  
1 – ЛНС скважинного заряда; 2 – ЛНС шпурового заряда по Шатиру В.Я.

Таблица 3

Результаты расчета при применении ВВ типа Аммонита 6ЖВ d = 0,042 м

2	0,4	0,042	4200	1,1	1,4	17,91874	0,919699	0,560792
1,8	0,4	0,042	4200	1,1	1,26	17,91874	0,887149	0,540945
1,6	0,4	0,042	4200	1,1	1,12	17,91874	0,852124	0,519588
1,4	0,4	0,042	4200	1,1	0,98	17,91874	0,814084	0,496393
1,2	0,4	0,042	4200	1,1	0,84	17,91874	0,772278	0,470901
1	0,4	0,042	4200	1,1	0,7	17,91874	0,725594	0,442435

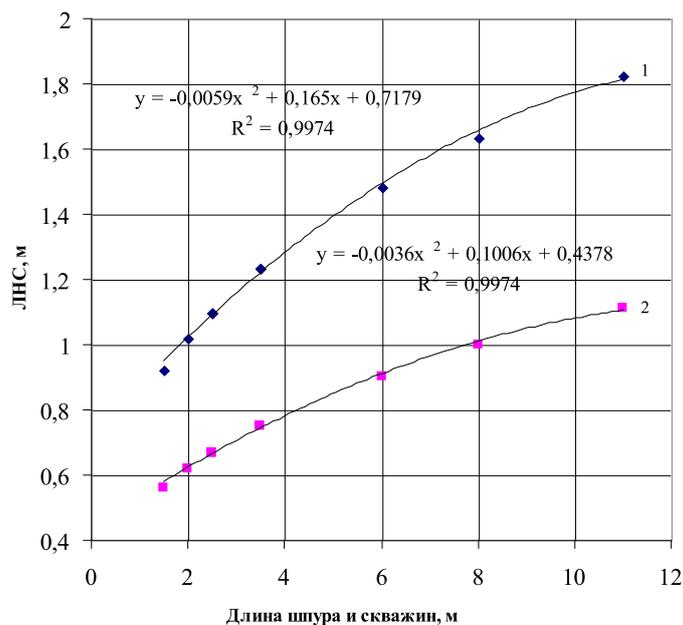


Рис. 2. Зависимость ЛНС от длины шпура и скважины при  $d=0,055$  м и тип ВВ гранулит АС-8.  
 1 – ЛНС скважинного заряда; 2 – ЛНС шпурового заряда по Шатиру В.Я.

Зависимость ЛНС от длины шпура при диаметре 0,042м ВВ аммонит 6ЖВ

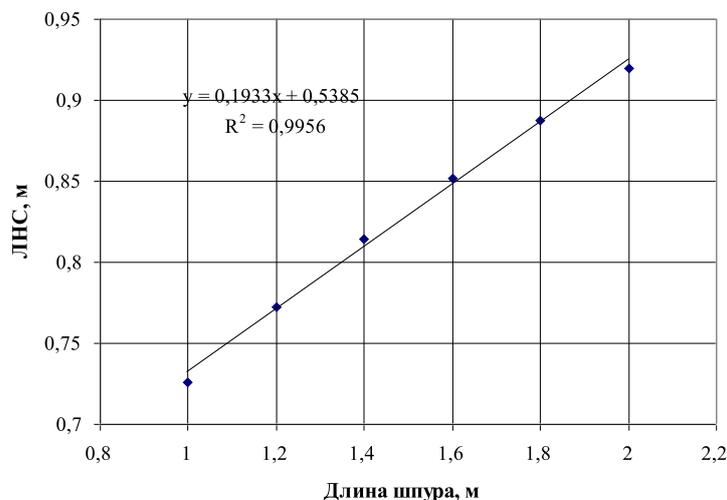


Рис. 3. Зависимость ЛНС от длины шпура при применении ВВ типа Аммонит 6ЖВ

В табл. 3 показаны результаты расчета при применении ВВ типа Аммонита 6ЖВ.

На рис. 3 показана зависимость ЛНС от длины шнура при применении ВВ типа Аммонит 6ЖВ.

Обсудим высказанное в [7] о том, что существует связь между ЛНС одиночного шпурового и скважинного заряда через коэффициент 1,64. Полученные нами результаты (рис. 1–3) позволяют сделать вывод о том, что связь между ЛНС шпурового и скважинного заряда существует, но не такая строгая, как показано в [7]. В этой связи анализ рисунков показывают следующее:

– из рис. 1 видно, что при длине скважин равной 9,0 м ЛНС составляет 1,6 м, а при длине шпуров 2,5 – 2,7 м – 1,0 м;

– из рис. 2 видно, что ЛНС при длине скважин 10–11 м составляет 1,8 м, а при длине шнура 2,0 м – 1,0 м;

– из рис. 3 видно, что когда диаметр шнура равен 0,042 м и длина – 2 м ЛНС составляет 0,92 м, а когда длина равна 1,0 м, ЛНС равна 0,73 м.

Эти результаты соответствуют современным условиям взрывания отбойных и вспомогательных шпуров, когда взрывание осуществляется с применением современных средств взрывания типа неэлектрическая система инициирования Нонель.

Следует отметить, что ЛНС не только зависит от длины, диаметра шнура, скорости детонации ВВ и еще от скорости волн напряжения во взрываеваемом массиве [4].

Предложенные параметры Шапиро В.Я. соответствует одиночным взрываниям с применением огнепроводного шнура.

Одним из эффективных мер расчета ЛНС шпуровых зарядов является определение ЛНС во взаимной увязке с коэффициентом сближения шпуровых зарядов. В этой связи нами разработан способ определения КИШ с учетом ЛНС и коэффициента сближения шпуровых зарядов. Основной смысл способа заключается в том, что, зная ЛНС при коэффициенте сближения равном 1, увеличивая коэффициент сближения шпуровых зарядов, увеличивают КИШ, что позволяет снижать заколообразование в груди забоя, обеспечивая безопасность людей от падения закола, увеличивается продвижения забоя и снижается потеря руды. Таким образом, КИШ предложено определять по формуле:

$$КИШ = \frac{l_{ш} - 0,3 \cdot W_{m=1} \cdot m^{-0,65}}{l_{ш}}$$

где  $l_{ш}$  – глубина шнура;

$W$  – ЛНС шпурового заряда, м;

$m$  – коэффициент сближения шнура, м.

Приводим пример. В обычных условиях взрывание производили с ЛНС равном 0,75 м и соответственно расстояния между шпурами составляло 0,75 м. При этом величина оставляемого «стакана» или не отбитой части шнура составляет

$$l_{ш} - l_y = 0,3 \cdot W = 0,3 \cdot 0,75 = 0,225 \text{ м}$$

При этом коэффициент использования шнура составляет

$$КИШ = \frac{l_{ш} - 0,3 \cdot W_{m=1} \cdot m}{l_{ш}} = \frac{3 - 0,225}{3} = \frac{2,775}{3} = 0,925.$$

При предлагаемом способе

$$КИШ = \frac{l_{ш} - 0,3 \cdot W_{m=1} \cdot m^{-0,65}}{l_{ш}} = \frac{3 - 0,3 \cdot 0,75 \cdot 2,5^{-0,65}}{3} = \frac{2,876}{3} = 0,958.$$

Таким образом, при увеличении КИШ с 0,925 до 0,958 подвигание забоя возрастает  $2,876 - 2,775 = 0,1$  м.

### Выводы

1. Предложенная методика расчета ЛНС позволяет её рассчитывать как для шпуровой так и для скважинной отбойки с учетом скорости детонации ВВ.

2. Соотношения ЛНС скважинной к ЛНС шпуровой отбойки могут быть различным в зависимости от длины шнура и скважин, скорости детонации, плотности ВВ и коэффициента сближения скважинных и шпуровых зарядов.

3. С увеличением коэффициента сближения КИШ возрастает.

### Список литературы

1. Баранов А.О. Расчет параметров технологических процессов подземной добычи руд. – М.: «Недра», 1985. – С. 224.
2. Бектурганов Н.С., Зейнуллин А.А., Кабетенов Т., Рустемов С.Т., Бекмагамбетов Б.Б. Способ отбойки горных пород. Патент РК № 28869 от 15.08.2014.
3. Кабетенов Т. и др. Способ отбойки горных пород // Предварительный патент Казахстана № 18339 от 15.04.2007.
4. Кабетенов Т., Юсупов Х.А., Рустемов С.Т. Определение рациональных параметров шпуровой (скважинной) отбойки с учетом времени действия взрывного импульса // ФТПРПИ, 2015, № 2.
5. Патент РК № 3101/ 15.03.96.
6. Раскидинов Б.У., Битимбаев М.Ж., Юсупов Х.А., Альзамарова Э.И., Нурлыбаев Ж.А. Способ формирования секционных зарядов взрывчатых веществ: Пат. 3095 РК, МКИ F 42 D 3/04. КазНТУ-Заявл. 19.03.93; Оpubл. 15.03.96, Бюл. № 1.
7. Шпиро В.Я. Совершенствование технологии буровзрывных работ на основе районирования руд и пород по взрываемости. // Передовая технология горных работ в цветной металлургии. – Усть-Каменогорск, 1986. – № 47. – С. 119–120.