

УДК 622.235; 623.235, 622.012

**И.В. Клишин**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СХЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ ВВ НА СТЕПЕНЬ ДРОБЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАМЕННЫХ КАРЬЕРОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЩЕБНЯ**

*Установлено, что при трех-четырёх-пяти и более рядном расположении скважинных зарядов ВВ достигается качественное дробление горных пород за счет детальной разработки проектных схем распределения скважинных зарядов ВВ, а также соблюдения расчетных параметров БВР.*

*Ключевые слова: карьер, уступ, горизонт, буровзрывные работы, буровой станок, скважина, удельный расход ВВ, масса заряда ВВ, перебур, диаметр скважины.*

Одним из условий достижения качественных результатов при проведении буровзрывных работ на каменных карьерах является применение разрабатываемых схем распределения скважинных зарядов ВВ [1—9]. Система разработки на карьере «Борок» в г. Новосибирске транспортная, сплошная, поперечная однороторная [10, 11]. Средняя высота уступа 10 м. Ширина рабочей площадки добычного уступа 48 м, вскрышного — 29 м. Ширина экскаваторной заходки 12 м. Угол рабочего откоса добычного уступа 80°. Длина фронта работ не превышает 260 м.

В настоящее время на карьере в эксплуатации находятся три горизонта: +84,0 м — вскрышной, +62,0, +72,0 м — добычные. Для транспортирования пород вскрыши с гор. +84,0 м используется временный съезд с западной стороны карьера. Для сообщения гор. +72,0 м с дневной поверхностью служит въездная траншея внутреннего заложения, на гор. +62 м временный съезд в юго-восточной части карьера. Вскрышные работы по удалению отложений скальной вскрыши, после предварительного ее рыхления буровзрывным способом, ведутся экскаватором Э-

2503, транспортировка — автосамосвалами БелАЗ-75401. Погрузка предусмотренной к переработке горной массы осуществляется экскаватором ЭКГ-5А, транспортировка автосамосвалами.

Добычные уступы разрабатываются с применением буровзрывных работ методом скважинных зарядов. Бурение скважин производится буровым станком ROC 460 HF, диаметр долота 152 мм (диаметр скважины  $d = 160$  мм), шведского производства и буровой станок CM 760D, диаметр долота 165 мм ( $d = 170$  мм) американского производства.

Проведены экспериментальные исследования при трех-четырёх-пяти и более рядном расположении скважинных и парно-сближенных зарядов ВВ.

Удельный расход ВВ рассчитывался в зависимости от крепости пород, блочности, трещиноватости и требуемой степени дробления (размер кондиционного куска 0,7х0,7 м) и составил для добычного уступа 1,0 кг/м<sup>3</sup> при использовании граммонита 79/21.

При использовании других видов ВВ удельный расход определялся по формуле

$$q = q_e, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

где  $q$  — фактический удельный расход граммонита 79/21 при кондиционном размере куска 700 мм, кг/м<sup>3</sup>;  $e$  — переводной коэффициент (коэффициент работоспособности ВВ) (табл. 1).

Расчетная величина преодолеваемого сопротивления по подошве уступа (СПП)  $W$  для одиночного скважинного заряда определяется по формуле

$$W = 0,9 \sqrt{P/q}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $P$  — вместимость ВВ в 1 м скважины, кг/м;  $q$  — фактический удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

При этом скважины 1-го ряда располагались за пределами призмы возможного обрушения уступа, ширина которой определяется из выражения  $\Pi = H(\text{ctg}70^\circ - \text{ctg}80^\circ)$ , м ( $\beta = 70^\circ$  — устойчивый угол откоса уступа).

Если величина расчётной  $W$  больше 0,8 м уст., то  $W$  принимается в пределах (0,6—0,8) м уст.

В тех случаях, когда заряд в скважине близок к сосредоточенному, допускается увеличение СПП до (0,9—1) м (табл. 2).

Если по горнотехническим условиям невозможно выдержать расчётную величину СПП, преодолеваемую одиночным зарядом, следует увеличить диаметром скважины. В случае невозможности увеличения диаметра скважины производят одновременное взрывание парно-сближенных зарядов. При этом вследствие взаимодействия взрывов преодолеваемая величина СПП увеличивается пропорционально коэффициенту взаимодействия  $K_{вз} = 1,6-0,5$  м. Величина СПП с учётом взаимодействия зарядов равна

$$W_{вз} = W(1,6-0,5 \text{ м}), \text{ м}$$

Формула справедлива при  $m \leq 1,2$ . Величина СПП удовлетворяет условию безопасного размещения станка на уступе:  $d = 135$  мм для высоты ус-

тупа 7 м;  $d = 155$  мм - 10 м и  $d = 170$  мм — 12 м.

Если с уменьшением величины  $m$  до 0,6 СПП не может быть преодолено, применяют парно-сближенные скважинные заряды, располагая их в линию на расстоянии (4-6) $d$ з одну от другой или переходят на наклонное бурение. Величину преодолеваемого СПП по сравнению с расчётной увеличивают при парно-сближенных скважинах на 30-40 %, т.е. СПП для парно-сближенных скважин составля-

ет:  $W_2 = 0,9 \sqrt{P/q}$ , м. Для  $d = 135$  мм  $W_2$  составляет 5,1 м,  $d = 155$  мм — 6,0 м и  $d = 170$  мм — 6,4 м.

СПП для наклонных скважин  $W = 0,9/\sin\alpha \sqrt{P/q}$ , м. Для  $d = 135$  мм ( $P = 13$  кг)  $W$  составляет 3,5 м,  $d = 155$  мм ( $P = 18$  кг) — 3,5 м и  $d = 170$  мм ( $P = 20$  кг) — 3,5 м.

Расстояние между зарядами в ряду (а) принималось равным:  $a = m W$ , м, где  $m$  — относительное расстояние между зарядами в ряду в пределах от 0,8 до 1,4. Принимаем  $m = 0,9$ . Для  $d = 135$  мм  $a$  составляет 3,0 м,  $d = 155$  мм — 3,9 м и  $d = 170$  мм — 4,1 м.

Расстояние между рядами зарядов (б) принималось в пределах:  $b = (0,85-1,0) W$ , м. Для  $d = 135$  мм  $a$  составляет 3,3 м,  $d = 155$  мм — 4,3 м и  $d = 170$  мм — 4,5 м.

Сетка расположения зарядов принимается: для  $d = 135$  мм —  $a \times b = 3,2 \times 3,2$  м;  $d = 155$  мм —  $3,8 \times 3,8$  м и  $d = 170$  мм —  $4,2 \times 4,2$  м

Масса заряда в скважине ( $Q$ ) 1-го ряда определяется по формуле  $Q = qWaH$ , кг. Для  $d = 135$  мм — 84,5 кг,  $d = 155$  мм — 130,7 кг и  $d = 170$  мм — 151,2 кг.

Масса зарядов в скважине для 2-го и последующих рядов определяется по формуле  $Q = q a b H$ , кг. Для  $d = 135$  мм — 81,9 кг,  $d = 155$  мм — 115,5 кг и  $d = 170$  мм — 141,1 кг.

Таблица 1

**Переводной коэффициент  $e$  для различных ВВ**

Наименование ВВ	Переводной коэффициент $e$
Аммонит 6ЖВ	1,0
Граммонит 79/21	1,0
Эмулин	1,0
Гранулит УП-1	1,13
Эмульсолит-П	1,04 /1,0*
Гранулотол	1,11 /0,97*
Граммонит П	1,0

\*В числителе приведены переводные коэффициенты для сухих ВВ, в знаменателе — для водонаполненных.

Таблица 2

**Параметры расположения скважин на уступах**

Высота уступа $H$ , м	$H \cdot \text{ctg}80^\circ$	Ширина призмы обрушения $P = H (\text{ctg}70^\circ - \text{ctg}80^\circ)$ , м	Расчётное СПП, $W_p$ , м Диаметр скважин			Расстояние от верхней бровки уступа до первого ряда скважин, $C$ , м	Фактическая СПП по условиям безопасности, $W_b$ , м
			135	160	170		
4	0,7	0,75					2,75
5	0,88	0,94					2,94
6	1,06	1,13					3,13
7	1,23	1,32					3,32
8	1,41	1,5					3,5
9	1,58	1,69	3,3	4,3	4,5	2,0	3,69
10	1,76	1,88					3,88
11	1,94	2,07					3,98
12	2,11	2,26					4,26
13	2,29	2,44					4,44
14	2,46	2,63					4,63

Длина заряда в скважине ( $L_{зар.}$ ) определяется по формуле:  $L_{зар.} = Q/P$ , м

Длина заряда в скважине 1-го ряда составляет:  $d = 135$  мм — 6,5 м,  $d = 155$  мм — 7,3 м и  $d = 170$  мм — 7,6 м.

Длина заряда в скважине 2-го и последующих рядов составляет:  $d = 135$  мм — 6,3 м,  $d = 155$  мм — 6,4 м и  $d = 170$  мм — 7,1 м.

Длина перебура скважины (1 ряда) ориентировочно определяется по формуле  $L_{пер.} = 0,5 qW$ , м. Для  $d = 135$  мм — 1,3 м (принимаем 1,5 м),  $d = 155$  мм — 1,7 м (принимаем 2,0 м) и  $d = 170$  мм — 1,8 м (принимаем 2,0 м).

Длина перебура скважины (2 ряда и последующих рядов) определяется по формуле  $L_{пер.} = 0,5qa$ , м. Для  $d = 135$  мм — 1,3 м (принимаем 1,5 м),  $d = 155$  мм — 1,5 м (принимаем 2,0 м) и  $d = 170$  мм — 1,7 м (принимаем 2,0 м).

Длина скважины составляет:  $L_{скв} = H + L_{пер.}$ , м. Для  $d = 135$  мм 1 ряд — 11,5 м, 2 ряд — 11,5 м,  $d = 155$  мм 1 ряд — 12,0 м, 2 ряд — 12,0 м и  $d = 170$  мм 1 ряд — 12,0 м, 2 ряд — 12,0 м.

Длина забойки:  $L_{заб} = L_{скв} - L_{зар.} - L_{пр.}$ , м. Для  $d = 135$  мм 1 ряд — 3,7 м, 2 ряд;  $L_{заб} - 3,9$  м,  $d = 155$  мм 1 ряд — 3,4 м, 2 ряд — 4,3 м и  $d = 170$  мм 1 ряд — 3,1 м, 2 ряд — 3,6 м.

Таблица 3

**Расчетные параметры БВР**

Наименование показателей	Ед. изм.	<i>d</i> = 135; 155; 170 мм
Категория пород по СНИП	-	VIII
Рабочий откос уступа	град	80
Высота уступа	м	10
Расчетная линия сопротивления по подошве уступа с учётом взаимодействия зарядов	м	3,3; 4,3; 4,5
Величина перебура	м	1,5; 2,0; 2,0
Глубина скважины	м	11,5; 12; 12
Расстояние между скважинами в ряду	м	3,2; 3,8; 4,2
Расстояние между рядами	м	3,2; 3,8; 4,2
Вес заряда в скважине первого заряда последующих рядов	кг	84,5; 130,7; 151,2 81,9; 115,5; 141,1
Длина заряда в скважине первого ряда последующих рядов	м	6,5; 7,3; 7,6 6,3; 6,4; 7,1
Промежуток, заполненный инертным материалом	м	1,3; 1,3; 1,3
Длина забойки первого ряда последующих рядов	м	3,7; 3,4; 3,1 3,9; 4,3; 3,6

При определении длины забойки учитывается, что она влияет на ширину развала и дальность разлета осколков породы.

Минимально допустимая длина забойки при этом принимается не менее  $\frac{1}{3}$  глубины скважины (табл. 3).

Ширина развала горной массы (*B*), считая от линии скважины 1-го ряда, увязывается с требованиями карьера и ориентировочно определяется по формуле

$$B = 5q\sqrt{WH} \text{ , м,} \quad (3)$$

где *q* — фактический удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>; *W* — сопротивление по подошве уступа, м; *H* — высота уступа, м; *B* = 26,8 м.

Типовая серия зарядов определяется из условия обеспечения дробильного оборудования горной массой при производстве массового взрыва. Объём типовой серии взрыва принимаем 22,5 тыс.м<sup>3</sup>.

Средний выход взорванной породы от одной скважины (*U*) при многорядном взрывании составляет

$$V = H a W + (n-1) b / N, \text{ м,} \quad (4)$$

где *n* = 10 — количество рядов зарядов в серии, шт.

Для *d* = 135 мм составляет 102,4 м<sup>3</sup>/скв., *d* = 155 мм — 144,0 м<sup>3</sup>/скв. и *d* = 170 мм -176,0 м<sup>3</sup>/скв.

Тогда количество скважин типовой серии принимаем: *d* = 135 мм — 220 скв., *d* = 155 мм — 156 скв. и *d* = 170 мм — 128 скв.

Вес заряда типовой серии: *d* = 135 мм — 18075,2 кг, *d* = 155 мм — 18263,2 кг и *d* = 170 мм — 18192,1 кг.

Объём бурения скважин: *d* = 135 мм — 2530 м, *d* = 155 мм — 1872 м и *d* = 170 мм — 1536 м.

Дробление негабаритных кусков производится механическим способом (гидромолотом) Н-130, 140 на базе экскаватора САТ-325 [13, 14].

Проведены экспериментальные исследования на карьере по установлению рациональных схем многорядного расположения скважинных зарядов различного диаметра с эмульсионными селитросодержащими ВВ.

Таблица 4

**Параметры БВР**

Наименование показателей	Ед.изм.	Показатели
Категория пород по СНИП	-	VIII-XI
Рабочий откос уступа	град.	80
Высота уступа	м	15
Расчетная линия сопротивления по подошве уступа с учётом взаимодействия зарядов	м	3,6
Величина перебура первого и последующих рядов	м	2,0
Глубина скважины первого и последующих рядов	м	17,0
Расстояние между скважинами в ряду	м	3,5
Расстояние между рядами	м	3,5
Вес заряда в скважине первого заряда	кг	246
последующих рядов		239
Длина заряда в скважине первого ряда	м	11,8
последующих рядов		11,4
Длина забойки первого ряда	м	5,2
последующих рядов		5,6

Таблица 5

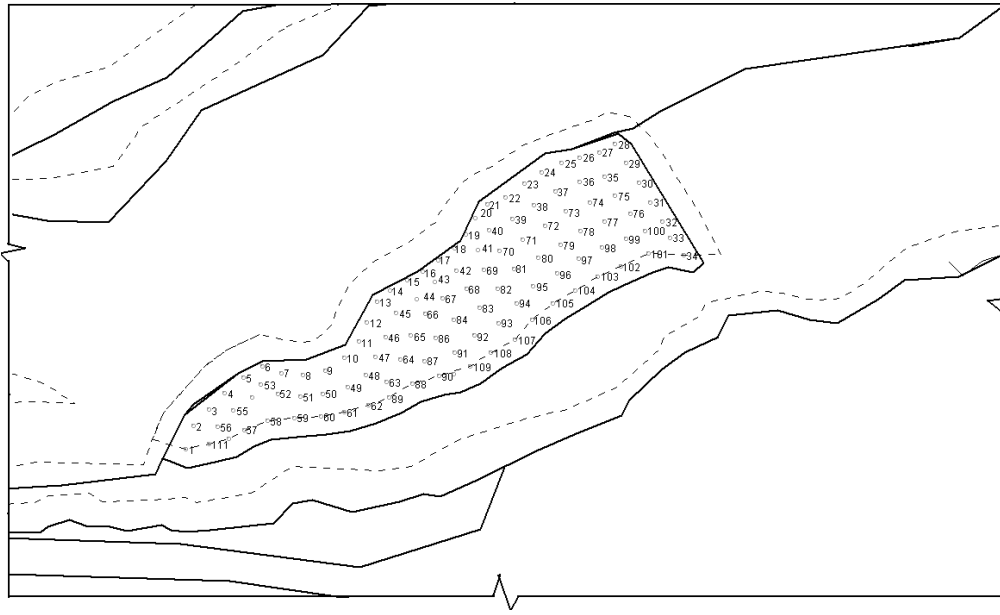
**Параметры буровзрывных работ**

Наименование показателей	Ед. изм.	Показатели
Категория пород по СНИП	-	VIII-XI
Рабочий откос уступа	град	80
Высота уступа	м	15
Расчетная линия сопротивления по подошве уступа с учётом взаимодействия зарядов	м	3,6
Величина перебура первого и последующих рядов	м	2,0
Глубина скважины первого и последующих рядов	м	17,0
Расстояние между скважинами в ряду	м	3,5
Расстояние между рядами	м	3,5
Вес заряда в скважине первого заряда	кг	207,9
последующих рядов		201,1
Длина заряда в скважине первого ряда	м	12,1
последующих рядов		11,7
Длина забойки первого ряда	м	4,9
последующих рядов		5,3

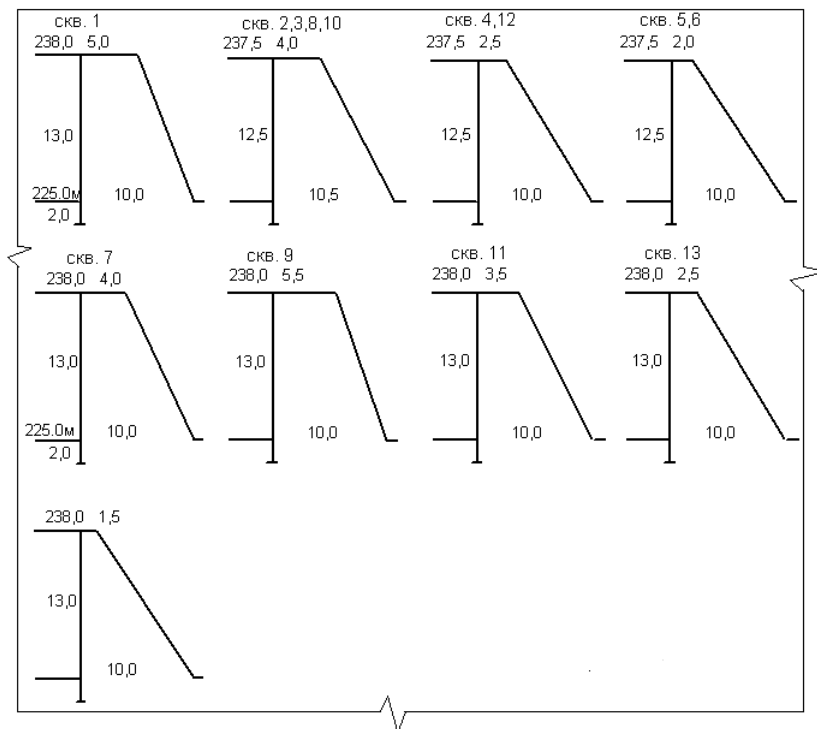
В качестве ВВ для скважинных зарядов применялись взрывчатые вещества промышленного назначения: граммонит 79/21, эмуласт, гранулит УП-1, аммонит 6ЖВ порошок, эмульсолит П и др. Удельный расход ВВ определялся в зависимости от крепости пород, блочности, трещиноватости и требуемой степени дробления [3].

Определение основных параметров БВР при взрывании скважин-

ных зарядов включало следующие расчеты (для эмульсионных ВВ при диаметре долота ( $d_d$ ) 152 мм): наименование пород – диабазы; высота уступа,  $H_y = 15$  м; плотность пород,  $\gamma = 2,97$  т/м<sup>3</sup>; конструкция заряда – сплошной, колонковый; взрывчатое вещество – эмуласт; плотность заряда ВВ в скважине,  $\Delta = 1,10-1,25$  кг/м<sup>3</sup>.



**Рис. 1. Схема расположения скважин в блоке на карьере № 2, сопка 14, гор. +225 м**



**Рис. 2. Расположение скважин на уступе карьера № 2 гор. +225 м**

Для бурения скважин принимаются буровые станки СМ-785 или РОС-460 с  $d_d = 152$  мм.

Диаметр скважины составляет

$$d_c = K_{pc} \cdot d_d = 156 \text{ мм},$$

где  $K_{pc}$  – коэффициент расширения скважин при бурении,  $K_{pc} = 1,03$ .

Средний удельный расход ВВ в массиве определялся по формуле, разработанной в МГГУ, кг/м<sup>3</sup>

$$q = 0,13 \cdot \gamma \cdot \sqrt[4]{f} (0,6 + 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot d_3 \cdot d_0) \times \\ \times (0,5 / d_k)^{\frac{2}{5}} \cdot k,$$

где  $\gamma = 2,97$  — плотность диабазов, т/м<sup>3</sup>;  $f = 18$  — коэффициент крепости диабазов по классификации М. М. Протодьяконова, ед.;  $d_3 = 156$  — диаметр заряда, мм;  $d_0 = 1,0$  — средний размер отдельности в массиве, м;  $k = Q_3 / Q_\phi = 4285 / 3491 = 1,2$  — коэффициент, учитывающий теплоту взрыва эталонного и применяемого ВВ.  $q$  составляет 1,06 кг/м<sup>3</sup>.

Удельный расход эмульсионного ВВ равен 1,3 кг/м<sup>3</sup>. Вместимость ВВ в 1 м скважины, кг определялась выражением  $P = 7,85 \cdot d_c^2 \cdot \Delta$ , кг/п.м., где  $d_c$  — диаметр скважины, дм;  $\Delta$  — плотность заряжения ВВ, т/м<sup>3</sup>.  $P = 21$  кг/п.м.

Величина преодолеваемого сопротивления по подошве уступа  $W = 0,9 \sqrt{P/q}$ , равна 3,6 м (2), где  $P = 21$  — вместимость ВВ в 1 м скважины, кг/п.м;  $q = 1,3$  — фактический удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>.

Линия сопротивления по подошве с учетом требований безопасности ведения буровых работ у бровки уступа составит [1, 3]  $W_6 = H_y \operatorname{ctg} \alpha + b_n = 5,43$  м, где  $\alpha = 80^\circ$  — угол откоса рабочего уступа, град;  $b_n$  — ширина возможной призмы обрушения, равная 2,76 м.

$W_p > W_6$  — условие безопасного ведения буровых работ выполняется.

Если  $W_p < W_6$ , то для размещения заряда применяем парносближенные скважины первого ряда.

Длина скважины первого ряда  $L_{скв} = H_y + l_{пер} = 17,0$  м, где  $l_{пер}$  — величина перебура скважины, м.

Длина перебура скважины ( $l$  ряда) ориентировочно определяется по формуле  $l_{пер} = 0,5qW = 2,34$  м (принимается  $l_{пер} = 2,0$  м).

Длина перебура скважины (2 ряда и последующих рядов) определяется по формуле  $l_{пер} = 0,5qa = 2,34$  м (принимается  $l_{пер} = 2,0$  м).

Длина скважины 2 ряда и последующих рядов  $L_{скв} = H_y + l_{пер} = 17,0$  м.

Масса заряда по условию вместимости в скважину  $Q_{ВВ} = Pl_{ВВ} = 252$  кг.

Длина забойки по ЕПБ [1, 2] при БВР не может быть меньше 1/3 длины скважины

$$l_{заб} = 1/3 L_{скв} = 5 \text{ м}.$$

Длина заряда ВВ

$$l_{ВВ} = L_{скв} - l_{заб} = 12 \text{ м}.$$

Расстояние между скважинами в

$$\text{ряду } a = \sqrt{\frac{Q_{ВВ}}{q \cdot h}} \text{ равно } 3,59 \text{ м}.$$

Сетка расположения зарядов по диабазам принимается  $a \times b = 3,5 \times 3,5$  м.

Величина заряда ВВ в скважинах первого ряда  $Q_1 = qWbH_y = 246$  кг.

Величина заряда ВВ в скважинах второго и последующих рядов

$$Q_2 = qabH_y = 239 \text{ кг}.$$

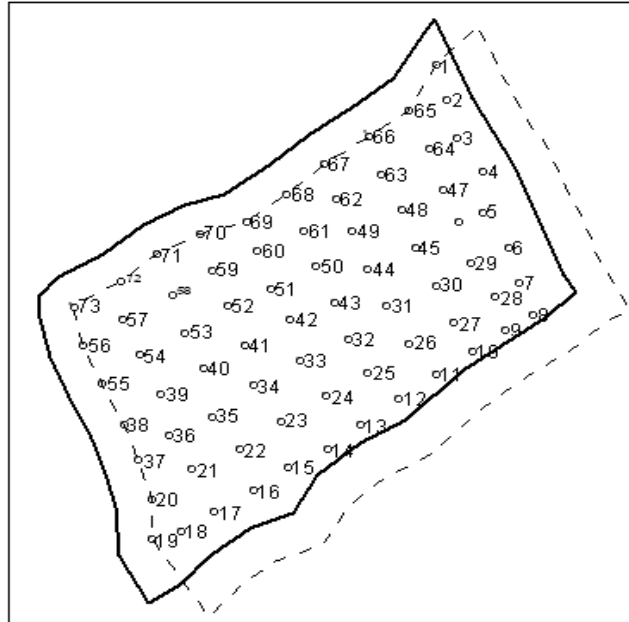
Высота заряда ВВ в скважинах первого ряда  $l_{ВВ1} = Q_1 / P = 11,8$  м.

Высота заряда ВВ в скважинах второго и последующих рядов  $l_{ВВ2} = Q_2 / P = 11,4$  м.

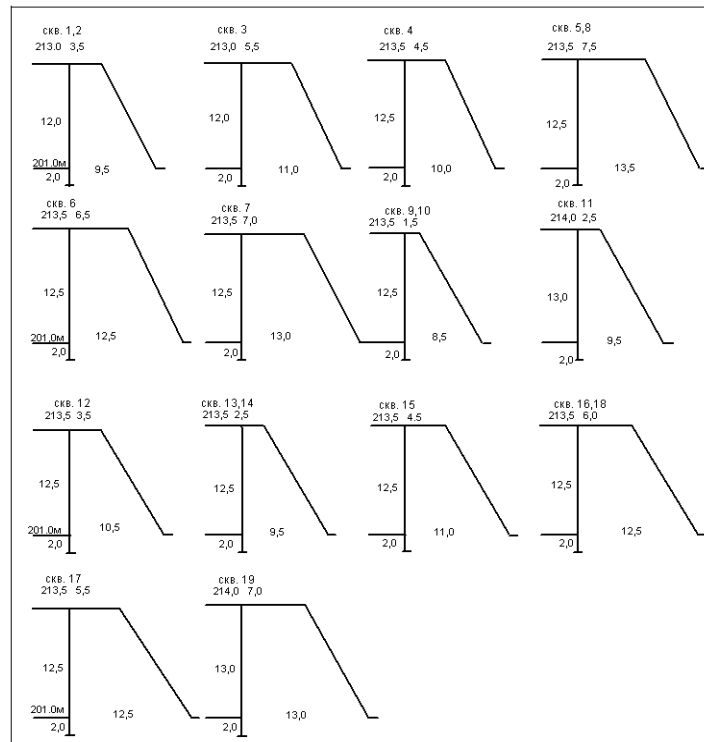
Длина забойки в скважинах первого ряда  $l_{з1} = L_{скв} - l_{ВВ1} = 5,2$  м.

Длина забойки в скважинах второго и последующих рядов  $l_{з2} = L_{скв} - l_{ВВ2} = 5,6$  м.

Параметры БВР представлены в табл. 4.



**Рис. 3. Схема семирядного расположения скважинных зарядов ВВ на гор. +201 м**



**Рис. 4. Схема расположения скважин по первому ряду на гор. +201 м**



Объем горной массы со скважины первого ряда  $V_1 = WaH_y = 189 \text{ м}^3$ .

Объем горной массы со скважин второго и последующих рядов  $V_2 = baH_y = 184 \text{ м}^3$ .

Выход горной массы с 1 погонного метра скважины первого ряда  $B_1 = V_1/L_{\text{СКВ}} = 11,1 \text{ м}^3$ .

Выход горной массы с 1 погонного метра скважины второго и последующих рядов  $B_2 = V_2/L_{\text{СКВ}} = 10,8 \text{ м}^3$ .

Для селитросодержащих ВВ при  $d_d = 152 \text{ мм}$  принимались следующие параметры БВР.

Взрывчатое вещество граммонит 79/21; плотность заряда ВВ в скважине  $\Delta = 0,85-0,9 \text{ кг/м}^3$ .

Принимаем удельный расход ВВ  $1,1 \text{ кг/м}^3$ .

Вместимость ВВ в 1 м скважины диаметром 156 мм –  $17,2 \text{ кг/п.м}$ .

Величина преодолеваемого сопротивления по подошве уступа равна  $3,6 \text{ м}$ .

Линия сопротивления по подошве с учетом требований безопасности ведения буровых работ у бровки уступа равна  $5,43 \text{ м}$ , ширина возможной призмы обрушения равна  $2,76 \text{ м}$ .

Длина скважины первого ряда  $L_{\text{СКВ}} = 17,0 \text{ м}$ .

Длина перебура скважины (1 ряда) ориентировочно определяется по формуле  $l_{\text{пер}} = 1,98 \text{ м}$  (принимаем  $l_{\text{пер}} = 2,0 \text{ м}$ ).

Длина перебура скважины (2 ряда и последующих рядов)  $l_{\text{пер}} = 1,93 \text{ м}$  (принимаем  $l_{\text{пер}} = 2,0 \text{ м}$ ).

Длина скважины 2 ряда и последующих рядов  $L_{\text{СКВ}} = 17,0 \text{ м}$ .

Масса заряда по условию вместимости в скважину  $Q_{\text{ВВ}} = P_{\text{ВВ}} = 204,7 \text{ кг}$ .

Длина забойки  $l_{\text{заб}} = 5,1 \text{ м}$ .

Длина заряда ВВ  $l_{\text{ВВ}} = L_{\text{СКВ}} - l_{\text{заб}} = 11,9 \text{ м}$ .

Принимаем сетку расположения зарядов по диабазам равной  $3,5 \times 3,5 \text{ м}$ .

Величина заряда ВВ в скважинах первого ряда  $Q_1 = qWbH_y = 207,9 \text{ кг}$ .

Величина заряда ВВ в скважинах второго и последующих рядов  $Q_2 = qabH_y = 201,1 \text{ кг}$ .

Высота заряда ВВ в скважинах первого ряда  $l_{\text{ВВ1}} = Q_1/P = 12,1 \text{ м}$ .

Высота заряда ВВ в скважинах второго и последующих рядов  $l_{\text{ВВ2}} = Q_2/P = 11,7 \text{ м}$ .

Длина забойки в скважинах первого ряда  $l_{\text{з1}} = L_{\text{СКВ}} - l_{\text{ВВ1}} = 4,9 \text{ м}$ .

Длина забойки в скважинах второго и последующих рядов  $l_{\text{з2}} = L_{\text{СКВ}} - l_{\text{ВВ2}} = 5,3 \text{ м}$ .

Параметры БВР указаны в табл. 5.

Объем горной массы первого ряда  $V_1 = WaH_y = 189 \text{ м}^3$ .

Объем горной массы второго и последующих рядов  $V_2 = baH_y = 184 \text{ м}^3$ .

Выход горной массы с 1 п. м скважины первого ряда  $B_1 = V_1/L_{\text{СКВ}} = 11,1 \text{ м}^3/\text{м}$ .

Выход горной массы с 1 п. м скважины второго и последующих рядов  $B_2 = V_2/L_{\text{СКВ}} = 10,8 \text{ м}^3/\text{м}$ .

На Каменном карьере № 2, расположенном в п. Горный Новосибирской области, разработаны и прошли испытания шестирядные схемы расположения скважинных зарядов ВВ диаметром 244 мм. Сетка скважин составляла  $7 \times 8 \text{ м}$ ; перебур —  $2 \text{ м}$ . Глубина скважин колебалась от  $12,5$  ( $14,5$ ) до  $16 \text{ м}$  (рис. 1). Суммарное количество скважин  $112$  шт., длина  $1721,9 \text{ м}$ . Разрезы по скважинам приведены на рис. 2, где глубина скважин колеблется от  $12,5$  до  $13 \text{ м}$ , объем обрушенной горной массы составил  $82,7 \text{ т/м}^3$  ( $220,8 \text{ тыс. т}$ ).

На рис. 3 приведена схема семирядного рассредоточения скважинных зарядов ВВ по сетке 7x7 м в блоке на гор. + 201 м, сопка 15, где пробурено 1043 м скважин диаметром 244 мм. Объем взорванной горной массы составил 50,7 т/м<sup>3</sup>. Глубина скважин колебалась от 12 до 13 м (рис. 4).

Экспериментальные исследования показали, что при трех-четырёх-пяти

и более рядом расположении скважинных зарядов ВВ при разработке каменных карьеров по производству щебня достигается качественное дробление горных пород за счет детальной разработки проектных схем распределения скважинных зарядов ВВ, а также соблюдения расчетных параметров БВР.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Единые правила безопасности при взрывных работах* (ПБ 13-407-01) Москва ОАО «НТЦ ПБ», 2006. – 228 с.
2. *Проблемы взрывного дела*. Сборник докладов и статей. № 1 – 2002. М.: Изд. МГГУ, 2002. – 294 с.
3. *Справочник взрывника*, под общ. ред. Б.Н. Кутузова, М.: Недра, 1988. – 502 с.
4. *Инструкция по применению неэлектрической системы инициирования ИСКРА (завод изготовитель) ГУП «Новосибирский механический завод «Искра»»*. – 31 с.
5. *Репин Н. Я., Богатырёв В. П., Булкин В. Д., Ташкинов А. С. и др.* Буровзрывные работы на угольных разрезах. М., Недра, 1987. – 254 с.
6. *Покровский Г.И.* Зависимость формы зоны действия взрыва от формы и расположения заряда // *Взрывное дело*. М.: Недра, 1964. № 54/11. С. 235-240.
7. *Клишин И. В.* Влияние величины перебура скважин на качество ведения взрывных работ при разработке каменных карьеров по производству щебня // *ГИАБ*. — 2012. — № 5. — С. 272-274.
8. *Курленя М. В., Еременко В. А., Гайдин А. П.* Развитие сырьевой базы Западно-Сибирского металлургического комплекса // *Горн. журнал*. — 2007. — № 4. — С. 10-13.
9. *Еременко А. А., Еременко В. А., Ермак Г. П., Эйсмонт С. Н., Терещенков А.А.* Опыт ведения буровзрывных работ на карьере Тейского месторождения // *Горная промышленность*, 2004. — № 5 (54) — С. 51-61.
10. *Эксплуатационные характеристики Caterpillar*. Справочник. Издание CAT® Caterpillar Ink. – США, Иллинойс Пеория, 2002. – 250 с.
11. *Клишин И. В.* Безвзрывная технология переработки скальной вскрыши, негабаритных кусков и зачистки взрывных блоков при разработке каменных карьеров в Алтае-Саянском регионе // *ГИАБ*. — 2012. — № 4. — С. 313—316. **ГИАБ**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

*Клишин Игорь Валентинович* — кандидат технических наук, соискатель, Институт горного дела Сибирского отделения РАН, admin@misd.nsc.ru

