

## КРИТЕРИИ ВЫБОРА ТИПА И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА РУДНИКАХ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА\*



Ю. Н. НАГОВИЦИН,  
начальник отдела  
совершенствования технологии  
горных работ Центра  
геодинамической безопасности



А. А. КИСЕЛЬ,  
ведущий специалист отдела  
совершенствования технологии  
горных работ Центра  
геодинамической безопасности



А. П. ТАПСИЕВ,  
зав. лабораторией  
подземной разработки  
рудных месторождений,  
д-р техн. наук



В. А. УСКОВ,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории подземной разработки  
рудных месторождений,  
д-р техн. наук

На начальных этапах освоения месторождений Норильска и Талнаха в связи с отсутствием практического опыта и базы натуральных данных выбор типа и расчеты крепи горных выработок довольно длительное время осуществляли в соответствии с методиками ВНИМИ [1] и Ленинградского горного института [2], которые не учитывали влияния очистных работ. По мере накопления опыта и знаний, вплоть до последнего времени разрабатывали и вводили в действие регламенты и рекомендации [3–7], уточняющие способы и технологии крепления, а также методы расчетов крепи, в том числе новых типов и конструкций. Вместе с тем эти нормативные документы не предусматривают оценку устойчивости горных пород в соответствии с требованиями СНиП II-94-80 [8], а именно: концентрацию напряжений в зоне влияния очистных работ, параметры залегания рудных тел, техногенную

Изложены методические подходы к выбору типа и расчетам параметров крепи горизонтальных выработок в зоне влияния очистных работ по критериям их долговременной устойчивости на основе классификации горных пород по СНиП II-94-80. Даны рекомендации по креплению горных выработок в зоне влияния очистных работ; на примере рудника «Заполяный» показан порядок выбора типа и расчета параметров крепи.

**Ключевые слова:** горные выработки, система разработки, критерий устойчивости пород, влияние очистных работ, выбор типа и расчет параметров крепи, зоны влияния, многофакторная зависимость.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.15>

нарушенность массива от воздействия взрывных работ и другие факторы.

В целях повышения точности расчетов и выбора надежного способа и типа крепления горизонтальных горных выработок в зоне влияния очистных работ предложено использовать классификацию горных пород на основе расчетного значения критерия устойчивости  $K$  по СНиП II-94-80 (табл. 1). Устойчивость закрепленной выработки обеспечивается при соблюдении условия  $U_0 < U_d$ , где  $U_0$  и  $U_d$  — соответственно, ожидаемые и предельно допустимые смещения пород на контуре выработки для применяемых видов крепи. Для выработок, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ, необходимо учитывать предельно допустимые смещения  $U_d$ .

По результатам исследований на 8 рудниках предложено определять критерий  $K$  устойчивости пород для выработки в зоне влияния очистных работ из условия

$$K \leq \frac{K_k K_b \gamma H (\cos^2 \alpha + \frac{\mu}{1 - \mu} \sin^2 \mu)}{R K_\phi K_t K_{c.o} K_\psi}, \quad (1)$$

где  $K_k$  — коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки;  $K_b$  — коэффициент влияния ширины выработки на устойчивость породного контура;  $\gamma$  — объемный вес налегающих

\* В работе принимали участие К. В. Смолков, заместитель главного инженера по закладочным работам и креплению Горно-геологического управления и А. В. Долозин, начальник отдела Центра геодинамической безопасности ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

Таблица 1. Классификация горных пород по устойчивости (СНиП II-94-80)

Категория устойчивости пород	Состояние устойчивости пород	Значение критерия К		Рекомендуемые типы крепи
		Осадочные породы (песчаники, аргиллиты, известняки и др.)	Изверженные породы (габбро-долериты, руды и др.)	
I	Устойчивые	До 0,5	До 0,4	Без крепи, набрызг-бетон, АК
II	Среднеустойчивые	0,5–1	0,4–1	АК, КК, АКР
III	Неустойчивые	1–2,1	1–2	АКР, УКК, АКР + ТБА
IV	Сильно неустойчивые	Свыше 2,1	Свыше 2	УКК + ТБА, арочная податливая крепь (3- и 5-звенная)

пород, МПа/м;  $H$  — глубина разработки, м;  $\alpha$  — угол падения залежи (или наиболее развитой системы трещин), град.;  $\mu$  — коэффициент Пуассона;  $R$  — среднее значение сопротивления пород в образце одноосному сжатию, МПа;  $K_\phi$  — коэффициент влияния угла  $\phi$  встречи оси выработки с наиболее развитой системой трещин;  $K_t$  — коэффициент длительной прочности;  $K_{с.о}$  — коэффициент структурного ослабления массива;  $K_\psi$  — коэффициент динамического воздействия взрывных работ.

На руднике «Заполярный» в зоне влияния очистных работ применяют анкерные типы крепей: железобетонные штанги (ЖБШ,  $U_d = 60$  мм) и трособетонные анкеры (ТБА,  $U_d = 250$  мм). Набрызг-бетонную крепь применяют только вне зоны влияния очистных работ ввиду малых предельно допустимых смещений для этого типа крепи ( $U_d = 20 \div 30$  мм). Комбинированные типы крепи в виде анкеров с металлической решеткой (АКР,  $U_d = 120 \div 170$  мм), анкеров с набрызг-бетоном (КК,  $U_d = 90 \div 145$  мм) и анкеров с металлической решеткой и набрызг-бетоном (УКК,  $U_d = 100 \div 220$  мм) применяют преимущественно в выработках большого сечения и на их сопряжениях. Податливую трехзвенную ( $U_d = 300$  мм) и пятизвенную ( $U_d = 800$  мм) металлическую арочную крепь применяют в зонах разломов и в весьма сильно нарушенных породах.

Особенности развития рудника «Заполярный» определяются разработкой запасов поля прирезки к руднику № 7 и Южной части месторождения Норильск-1 с переходом на самоходное оборудование [9–10]. Запасы вскрыты из карьера рудника автотранспортным и конвейерным уклонами. Увеличение поперечного сечения выработок, обусловленное применением самоходного оборудования, создает определенные сложности для обеспечения устойчивости пород в обнажениях, особенно при выемке нарушенных руд на глубоких горизонтах. В этих условиях для углов падения залежи  $\alpha = 8 \div 14^\circ$  значение выражения  $\cos^2\alpha + \mu \sin^2\alpha / (1 - \mu) = 0,99 \div 0,96 \approx 1$ . Естественное поле напряжений в массиве характеризуется как гравитационное; вертикальная составляющая тензора напряжений является максимальной.

Полученные опытным путем значения коэффициентов, входящих в формулу (1), сведены в таблицы 2–6, а характерные зоны влияния очистных работ получены методом математического моделирования для разработки рудной залежи с обрушением налегающих пород (рис. 1). Система разработки — этажное обрушение руды с торцовым выпуском и использованием самоходного

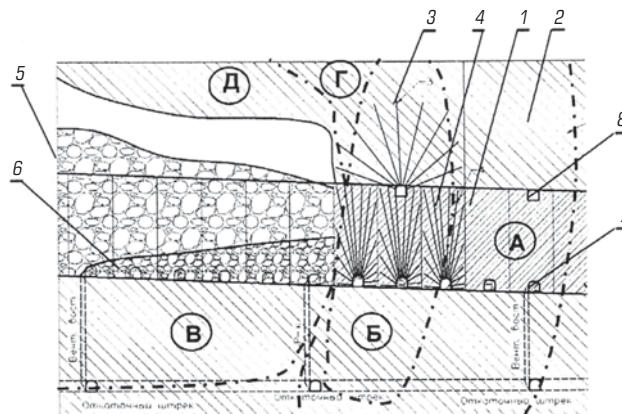


Рис. 1. Система этажного обрушения руды и налегающих пород с торцовым выпуском и использованием самоходного оборудования:

- 1 — рудное тело; 2 — породы налегающей толщи;
  - 3 — веера посадочных скважин; 4 — веера отбойных скважин;
  - 5 — обрушенные породы налегающей толщи; 6 — отбитая руда;
  - 7 — выработки транспортно-доставочного горизонта;
  - 8 — выработки вентиляционно-бурового горизонта.
- Зоны: А — слабого влияния очистных работ; Б — существенного влияния очистных работ; В — существенного влияния надработки; Г — образования разрывов; Д — обрушения

Таблица 2. Коэффициент длительной прочности  $K_t$  в зависимости от срока службы выработки и гидрогеологических условий

Срок службы выработки, лет	Значение $K_t$ для пород	
	Сухих	Обводненных
До 5	1,0	0,95
5–10	0,9	0,8
Более 10	0,8	0,7

оборудования [10]. Ширина панели 100 м; высота этажа 14–25 м; расстояние между погрузочно-буровыми ортами 12,5 м; расстояние между транспортно-доставочными штреками 60–70 м; ширина целиков между транспортно-доставочными ортами 7,5–8 м. Применяемое самоходное оборудование: буровые машины Solo 710 и Boomer H282; погрузочно-доставочная машина Sandvik LH409E с ковшем вместимостью 4,6 м<sup>3</sup>.

Методика выбора типа крепи и расчеты параметров крепления показаны для выработки, находящейся в зоне влияния

**Таблица 3. Значения  $K_{k1}$  для типовых сечений выработок на руднике «Заполярный»**

Шифр сечения	Назначение выработок	Ширина $B$ , м	Высота $H$ , м	Вид крепи	Площадь сечения в свету, м <sup>2</sup>	Площадь сечения в проходке, м <sup>2</sup>	$K_{k1}$
1-1	Завезды на рудоспуски, рудоперепуски	4,35	5,5	АКР, КК (набрызг-бетон 20–50 мм)	21,84	22,54	2,3
2-2	Разрезные выработки	6	4	АКР, КК (набрызг-бетон 20–50 мм)	20,75	21,36	2,3
3-3	Транспортные и разведочные выработки	5	4,5	АК, АКР, КК, УКК (набрызг-бетон 20–50 мм)	20,04	20,67	2,3
					16,64		
4-4	Транспортные, разрезные выработки, технологические ниши	4,35	4,1	АК, АКР, КК, УКК (набрызг-бетон 20–50 мм)	15,89	16,45	2,3
5-5	Разрезные выработки, технологические ниши, вентиляционные сбойки	4,1	3,6	АК, АКР, КК (набрызг-бетон 20–50 мм)	13,03	13,53	2,3
6-6	Технологические ниши, вентиляционные сбойки	3,6	3,22	АК, АКР, КК (набрызг-бетон 20–50 мм)	10,02	10,64	2,3

**Таблица 4. Значения  $K_{k2}$  для сопряжений и параллельных выработок**

Тип сопряжения	$\theta$ , град.	Пролет сопряжения $L_{\max}$ , м	$K_{k2}$
Остроугольные ответвления и ответвление по кривой	30	12,5	1,7
	45	13,2	1,6
	60	14,4	1,5
Прямоугольное ответвление	90	12	1,4
Прямоугольное пересечение	90	12	1,6
Развилка под углом и развилка по кривым	30–60	14,4	1,5
	60–90	15	1,4
	90–180	9	1,4
Остроугольное пересечение	30	12,5	2,2
	45	13,2	1,8
	60	14,4	1,6
Параллельные выработки	0	12	2

очистных работ — транспортно-доставочного орта при разработке вкрапленных руд на руднике «Заполярный». Условия проведения выработки: глубина разработки  $H = 390$  м в поле прирезки к руднику № 7 на гор. +45 м. Параметры транспортно-доставочного орта: площадь сечения в проходке  $S = 20,7$  м<sup>2</sup>; ширина выработки  $B = 5$  м; высота  $H = 4,5$  м. Выработку проводили во вкрапленной руде с пределом прочности при одноосном сжатии  $R = 156$  МПа. Объемный вес налегающих пород  $\gamma = 0,027$  МПа/м; угол падения залежи  $\alpha = 12^\circ$ ; коэффициент Пуассона  $\mu = 0,22$ .

Значение коэффициента длительной прочности  $K_t$  принято из **табл. 2**; исходя из срока службы транспортно-доставочного орта 12 лет в сухих условиях  $K_t = 0,8$ .

Коэффициент концентрации напряжений на контуре выработки  $K_k$  характеризует действующее поле напряжений по факторам:

форма поперечного сечения выработки  $K_{k1}$ ; влияние соседних и пересекающихся выработок  $K_{k2}$ ; влияние очистного пространства  $K_{k3}$  и равен

$$K_k = K_{k1} K_{k2} K_{k3}. \quad (2)$$

Математическое моделирование методом конечных элементов НДС массива при гравитационном поле напряжений позволило определить коэффициенты  $K_{k1}$ ,  $K_{k2}$  и  $K_{k3}$ . Сводчатая форма сечения «3-3» (**табл. 3**) транспортно-доставочного орта создает концентрацию напряжений  $K_{k1} = 2,3$ . Значение коэффициента  $K_{k2}$  (**табл. 4**) для транспортно-доставочного орта при отсутствии влияния соседних и пересекающихся выработок составляет  $K_{k2} = 1$ , а для транспортно-доставочного орта на сопряжении (прямоугольное пересечение со штреком)  $K_{k2} = 1,6$ . Коэффициент  $K_{k3}$  отражает влияние очистного пространства в характерных зонах в системе разработки с этажным обрушением, торцовым выпуском руды и использованием самоходного оборудования (**табл. 5**). Для транспортно-доставочного орта в зоне Б (существенного влияния очистных работ) при системе разработки с этажным обрушением и торцовым выпуском руды  $K_{k3} = 1,4$ , а расчетная величина коэффициента концентрации напряжений  $K_k$  на его контуре составит [по формуле (2)]  $K_k = 3,2$ .

Расчетным путем по методике [11] получены значения коэффициента структурного ослабления  $K_{c.0}$  для основных систем трещин массива габбро-долеритов (**табл. 6**). Для расчета принято наименьшее значение коэффициента структурного ослабления по наиболее опасной системе трещин —  $K_{c.0} = 0,5$ . Коэффициент  $K_b$  влияния ширины выработки ( $B = 5$  м) на устойчивость породного контура для  $K_{c.0} = 0,5$  составляет  $K_b = 1,3$ , а значение коэффициента  $K_\varphi$ , учитывающего влияние угла  $\varphi$  встречи оси выработки с наиболее опасной системой трещин на устойчивость породного контура, определяли по графику зависимости  $K_\varphi$  от  $K_{c.0}$  при  $\varphi = 57^\circ$  (**рис. 2**).

Коэффициент  $K_\psi$ , учитывающий изменение предела прочности породы при динамических воздействиях взрывных работ и его влияние на устойчивость породного контура в зоне влияния

**Таблица 5. Значения коэффициента  $K_{кз}$  для характерных зон при системе разработки этажным обрушением и торцовым выпуском руды**

Зоны влияния очистных работ (см. рис. 1)	Характеристика влияния очистного пространства на величину концентрации горного давления (пределы)	$K_{кз}$
Зона Д	Обрушение пород, ограниченное углами мульды сдвижения	Запрещен допуск людей в пройденные выработки
Зона Г	Образование разрывов в секторе, ограниченном углом разрывов и углом обрушения	1,2
Зона Б	Существенное влияния очистных работ (до 40 м от очистного фронта)	1,4
Зона В	Существенное влияние надработки (до 30 м вниз под углом 60° от почвы отработки)	1,2
Зона А	Слабое влияние очистных работ (до 60 м от очистного фронта)	1,1

очистных работ, принят  $K_{\psi} = 0,85$ . Таким образом, критерий устойчивости  $K$  по формуле (1) составляет  $K = 0,76$ . Согласно данным табл. 1, магматические породы в окрестности выработки по этому значению  $K$  относятся к II категории устойчивости (среднеустойчивые), при которой в рассматриваемых условиях рекомендовано анкерное крепление выработки железобетонными штангами ( $U_0 = 53$  мм;  $U_d = 60$  мм), что обеспечивает соблюдение условия  $U_0 < U_d$  (рис. 3). При тех же условиях значение критерия устойчивости  $K$  для сопряжения транспортно-доставочного орта со штреком ( $K_{к2} = 1,6$ ) составит  $K = 1,1$ , с отнесением участка сопряжения к III группе устойчивости пород — неустойчивые (см. табл. 1), в связи с чем крепь сопряжения должна соответствовать ожидаемым смещениям пород  $U_d = 90$  мм (см. рис. 3, пунктирная стрелка). Этому отвечают допустимые смещения комбинированных типов крепи: АКР ( $U_d = 120 \div 170$  мм) и КК ( $U_d = 90 \div 145$  мм).

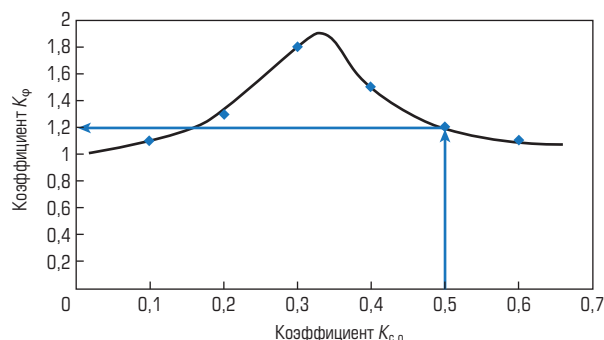
Практика показывает, что в зоне существенного влияния очистных работ (рис. 1, зона Б) набрызг-бетон на сопряжениях быстро разрушается под нагрузкой, поэтому предпочтение следует отдать крепи АКР. На рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» применяют железобетонные штанги (ЖБШ) из арматурного стержня периодического профиля № 16–18, закрепленного в шпуре цементно-песчаным раствором [3]. Ниже в качестве примера приведен инженерный расчет паспортных параметров крепи: диаметра стержня, длины анкеров и расстояния между ними (рис. 4).

Длину анкера определяют по формуле  $l_a = l_n + l_3 + l_k$ , где  $l_n$  — глубина нарушенной зоны в массиве;  $l_3$  — длина заделки анкера;  $l_k$  — длина выступающей из шпура части штанги. Глубину нарушенной зоны определяют по формуле  $l_n = K_a B$ , где  $K_a$  — коэффициент, зависящий от трещиноватости и крепости пород (при коэффициенте крепости  $f = 5 \div 8$   $K_a = 0,1$  — для слаботрещиноватых пород,  $0,2$  — для среднетрещиноватых,  $0,25$  — для сильнотрещиноватых);  $B$  — ширина выработки ( $B = 5$  м). Рекомендуется принимать  $l_3 = 0,3l_n$ . Конструктивно длину выступающей части анкера принимают  $l_k = 0,2$  м, длину анкера  $l_a = 1,5$  м.

Несущая способность арматурного стержня диаметром  $d = 18$  мм составляет:  $P_c = R_a F_c = 81$  кН, где  $R_a$  — расчетное сопротивление стали растяжению  $R_a = 320$  кПа;  $F_c$  — площадь сечения стержня,  $F_c = 0,000254$  м<sup>2</sup>. Несущая способность анкера из условия прочности закрепления бетона на стержне составит  $P_3 = \pi d_a l_3 \tau_a = 86,4$  кН, где  $d_a$  — диаметр стержня

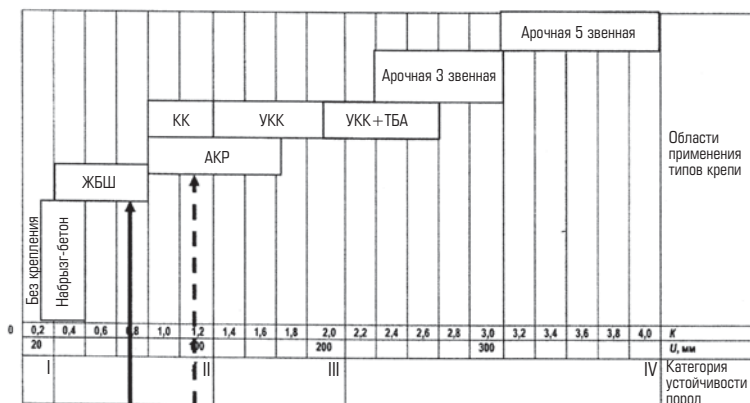
**Таблица 6. Основные системы трещин в массиве гор.+45 м рудника «Заполярный» и коэффициенты структурного ослабления по ним в крест простирания залежи**

Обозначение	Азимут простирания, град.	Азимут падения, град.	Угол падения, град.	$K_{с.о}$
L	10	100	14	0,9
A <sub>1</sub>	15	105	82	1
A <sub>2</sub>	183	273	70	0,6
Z <sub>1</sub>	63	153	72	0,7
Z <sub>2</sub>	285	15	84	1
B <sub>1</sub>	126	216	57	0,5
B <sub>2</sub>	332	62	70	0,6



**Рис. 2. Зависимость коэффициента  $K_{\psi}$  от коэффициента структурного ослабления массива  $K_{с.о}$  при угле встречи оси выработки с наиболее развитой системой трещин  $\phi = 57^\circ$**

( $d_a = 0,018$  м);  $l_3$  — длина заделки ( $l_3 = 0,3$  м);  $\tau_a$  — удельная прочность закрепления стержня периодического профиля в возрасте 28 сут при соотношении цемента и песка Ц:П = 1:3 ( $\tau_a = 5096$  кПа). Несущая способность анкера по условию сцепления бетона со стенкой скважины:  $P_{сд} = \pi d_c l_3 \tau_{сд} = 186,1$  кН, где  $d_c$  — диаметр скважины, м;  $\tau_{сд}$  — удельное сопротивление сдвигу бетонного столбика в возрасте 28 сут при соотношении Ц:П = 1:3 ( $\tau_{сд} = 11200$  кПа). Из вычисленных трех значений несущей способности принимают наименьшее  $P_c = 81$  кН за расчетную величину несущей способности железобетонного ан-



**Рис. 3. Пример выбора типа крепи по критерию устойчивости пород  $K$  для транспортно-доставочного орта (сплошная стрелка) и его сопряжения со штреком (пунктирная стрелка)**

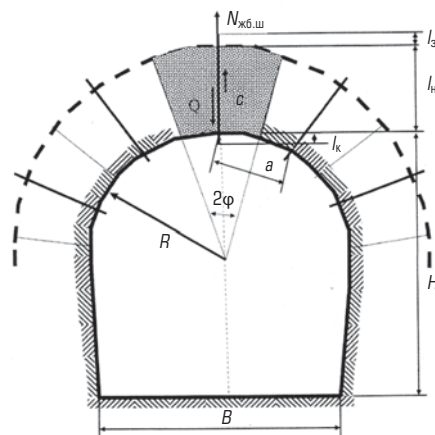
кера  $N_{\text{ЖБШ}} = 80$  кН. Силу сцепления в массиве определяют по эмпирической формуле  $c = 0,003K_{c.o}R_0 = 189$  кН, где  $K_{c.o}$  — коэффициент структурного ослабления массива ( $K_{c.o} = 0,5$ );  $R_0$  — предел прочности при одноосном сжатии в образце ( $R_0 = 126000$  кПа).

Предельное расстояние между анкерами при известной несущей способности анкера  $N_{\text{ЖБШ}}$  определяют по формуле

$$a = \frac{N_{\text{ЖБШ}} + c}{\frac{K_3 K_d}{\varphi \gamma (2Rl_n + l_n^2)}} = 1,8 \text{ м}, \quad (3)$$

где  $l_n$  — глубина нарушенной зоны ( $l_n = 1$  м);  $\varphi$  — угол внутреннего трения массива ( $\varphi = 38^\circ = 0,6$  рад.);  $a$  — расстояние между анкерами, м;  $\gamma$  — объемный вес породы ( $\gamma = 27$  кН/м<sup>3</sup>);  $R$  — радиус свода, м ( $R = 3,5$  м);  $c$  — сила сцепления в массиве, кН ( $c = 189$  кН);  $R_0$  — несущая способность анкера ЖБШ ( $N_{\text{ЖБШ}} = 80$  кН);  $K_3$  — коэффициент запаса по нагрузке ( $K_3 = 1,5$ );  $K_d$  — коэффициент динамических нагрузок ( $K_d = 1,2$ ). Необходимое число анкеров в ряду определяют по формуле  $n = \frac{C_{\text{св}}}{a} + 1 = 5$ , где  $C_{\text{св}}$  — периметр свода выработки, равный 7 м;  $a$  — принятое расстояние между анкерами, м. Таким образом, паспортные параметры железобетонной анкерной крепи следующие: диаметр стержня  $d_a = 0,018$  м; длина анкера  $l_a = 1,5$  м; расстояние между анкерами и между рядами  $a = 1,8$  м; число анкеров в ряду  $n = 5$ ; несущая способность анкера  $N_{\text{ЖБШ}} = 80$  кН.

В заключение следует подчеркнуть, что предложенная методика относится к числу многофакторных и в этом плане является довольно трудоемкой, но учитывает практически все природные характеристики разрабатываемого массива горных пород и техногенные воздействия; конструкции, параметры и технологии ведения очистных и подготовительных работ, их взаимосвязи и взаимовоздействия, что позволяет обоснованно выбрать способ и тип крепления, рассчитать конструктивные параметры крепи,



**Рис. 4. Расчетная схема определения параметров анкерной крепи**

обеспечивающие долговременную устойчивость горных выработок в зоне влияния очистных работ на рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель».

#### Библиографический список

1. Методические указания по управлению горным давлением при сплошных слоевых и камерных системах разработки с твердеющей закладкой на рудниках Норильского горно-металлургического комбината. — Л. : ВНИМИ, 1981.
2. Временные методические указания по проектированию крепи капитальных выработок в условиях Октябрьского и Талнахского месторождений. — Л. : ЛГИ, 1987.
3. РТПП-043-2004. Регламент технологических производственных процессов по возведению крепей на рудниках ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2005.
4. Рекомендации по креплению, поддержанию и охране разведочных, капитальных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на рудниках «Октябрьский», «Таймырский» и «Комсомольский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2011.
5. Рекомендации по креплению и поддержанию разведочных, подготовительных и нарезных выработок на руднике «Заполярный» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2012.
6. Рекомендации по креплению капитальных разведочных, подготовительных, нарезных и очистных выработок на руднике «Ангидрит» Управления нерудных горных предприятий ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2010.
7. Рекомендации по креплению горных выработок на шахте «Известняков» рудника «Кайерканский» ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». — Норильск, 2011.
8. СНиП II-94-80. Подземные горные выработки. — М. : Стройиздат, 1982.
9. Опарин В. Н., Тапсиев А. П., Богданов М. Н., Бадтиев Б. П., Куликов Ф. М., Усков В. А. Современное состояние, проблемы и стратегия развития горного производства на рудниках Норильска. — Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. — 372 с.

10. Карелин В. Н., Марысюк В. П., Сергунин М. П., Наговицин Ю. Н., Тапсиев А. П. Опыт внедрения систем разработки с применением самоходного оборудования на руднике «Заполярный» // Фундаментальные проблемы формирования техногенной геосреды. — Новосибирск : ИГД СО РАН, 2010. Т. II. Геотехнология. С. 278–283.
11. Борщ-Компониц В. И., Крайнев Б. А., Логинский А. П. и др. Оценка влияния трещиноватости на устойчивость массивов горных пород // Горный журнал. 1980. № 10. [dx](#)

Наговицин Юрий Николаевич,  
тел.: +7 (3919) 37-19-78  
Кисель Александр Анатольевич,  
тел.: +7 (3919) 24-77-20  
Тапсиев Александр Петрович,  
тел.: +7 (383) 217-08-21  
Усков Владимир Александрович,  
тел.: +7 (383) 217-01-42

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL», 2015, № 6, pp. 74–80	
<b>Title</b>	<b>Criteria for support type selection and calculation for mine tunnels in the Norilsk Industrial Area</b>
<b>DOI:</b>	<a href="http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.15">http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.15</a>
<b>Author 1</b>	Name & Surname: <b>Nagovitsin Yu. N.</b>
	Company: <b>Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)</b>
	Work Position: <b>Head of Geotechnology Improvement Department, Center for Geodynamic Safety</b>
	Contacts: <b>phone: +7 (3919) 37-19-78</b>
<b>Author 2</b>	Name & Surname: <b>Kisel A. A.</b>
	Company: <b>Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL” (Norilsk, Russia)</b>
<b>Author 3</b>	Work Position: <b>Chief Expert, Geotechnology Improvement Department, Center for Geodynamic Safety</b>
	Name & Surname: <b>Tapsiev A. P.</b>
	Company: <b>Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)</b>
<b>Author 4</b>	Work Position: <b>Head of Underground Ore Mining Laboratory</b>
	Name & Surname: <b>Uskov V. A.</b>
	Company: <b>Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia)</b>
<b>Abstract</b>	Scientific Degree: <b>Doctor of Engineering Sciences</b>
	Work Position: <b>Principal Researcher, Underground Ore Mining Laboratory</b>
	Scientific Degree: <b>Doctor of Engineering Sciences</b>
<b>Keywords</b>	The authors highly appreciate contribution of K. V. Smolov, Deputy Principal Engineer for Backfilling and Support, Mining and Geology Management, Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL”, and A. V. Dolozin, Head of department, Center for Geodynamic Safety, Polar Division of PJSC “MMC “NORILSK NICKEL”.
	The article describes technical approaches to selecting and designing support for tunnels driven in zones of influence of actual mining, based on the long-term stability criteria of mine support under the classification of rocks in accordance with the construction norms and regulations SNIP II-94-80. For the actual ground conditions, mining with level caving and frontal ore drawing and self-propelled equipment in service in mines of Talnakh and Norilsk, the authors offer the formula developed, based on the related research findings, for determination of rock stability criteria, considering a set of influences, including previously neglected. Such influences include stress concentration at tunnel perimeter, mining method parameters, inter-effect of parallel and intersecting mine workings, natural and induced damage of rock mass, dynamic impact of blasting, orientation of a mine working relative to the most developed system of joints, etc. These influences are expressed in terms of coefficients compiled in the table. Accordingly, recommendations are made on support of excavations in the zones of influence of actual mining, and the sequence of selection of a support type and calculation of its parameters is illustrated in terms of Zapolyarny Mine.
<b>References</b>	Underground excavations, mining method, rock stability criterion, actual mining effect, support type selection and calculation, influence zones, multi-factor correlation.
	1. <i>Metodicheskie ukazaniya po upravleniyu gornym davleniem pri sploshnykh sloevykh i kamernykh sistemakh razrabotki s tverdeyushchey zakladkoy na rudnikakh Norilskogo gorno-metallurgicheskogo kombinata</i> (Methodical regulations for rock pressure control with solid layer and chamber mining systems with solid stowing on Norilsk MMC mines). Leningrad : Scientific-Research institute of mining geomechanics and mine surveying (VNIMI), 1981. (in Russian)
	2. <i>Vremennye metodicheskie ukazaniya po proektirovaniyu krepki kapitalnykh vyrobotok v usloviyakh Oktyabrskogo i Talnakhskogo mestorozhdeniy</i> (Temporal methodical regulations on designing of support of permanent workings in the conditions of Orktyabrskoe and Talnakh deposits). Leningrad : Leningrad State University, 1987. (in Russian)
	3. <i>RTPP-043-2004. Reglament tekhnologicheskikh proizvodstvennykh protsessov po vozvedeniyu krephey na rudnikakh Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel»</i> (RTPP-043-2004. Regulations of technological industrial processes for support building on mines of Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). Norilsk, 2005. (in Russian)
	4. <i>Rekomendatsii po kreplesheniyu, podderzhaniyu i okhrane razvedochnykh, kapitalnykh, podgotovitelnykh, nareznykh i ochistnykh vyrobotok na rudnikakh «Oktyabrskiy», «Taymyrskiy» i «Komsomolskiy» Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel»</i> (Recommendations on support, maintenance and protection of exploration, permanent, development, temporary workings and stopes at Oktyabrskiy, Taymyr and Komsomolskiy mines of the Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). Norilsk, 2011. (in Russian)
	5. <i>Rekomendatsii po kreplesheniyu i podderzhaniyu razvedochnykh, podgotovitelnykh i nareznykh vyrobotok na rudnike «Zapolyarnyy» Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel»</i> (Recommendations for support and maintenance of exploration, development and temporary workings at Zapolyarnyy mine of Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). Norilsk, 2012. (in Russian)
6. <i>Rekomendatsii po kreplesheniyu kapitalnykh razvedochnykh, podgotovitelnykh, nareznykh i ochistnykh vyrobotok na rudnike «Angidrit» Upravleniya nerudnykh gornykh predpriyatiy Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obshchestva «Gorno-Metallurgicheskii Kombinat «Norilskiy nikel»</i> (Recommendations for support of permanent, exploration, development, temporary workings and stopes at Angidrit mine of the Department of non-metallic mining enterprises of Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). Norilsk, 2010. (in Russian)	

## References

7. *Rekomendatsii po krepeleniyu gornykh vyrabotok na shakhte «Izvestnyakov» rudnika «Kayerkanskiy» Zapolyarnogo Filiala Otkrytogo Aktsionernogo Obschestva «Gorno-Metallurgicheskiy Kombinat «Norilskiy nikel»* (Recommendations for mine working support on Izvestnyakov mine (Kayerkanskiy mine) of the Polar Division of MMC «Norilsk Nickel»). Norilsk, 2011. (in Russian)
8. *SNiP II-94-80. Podzemnye gornye vyrabotki* (Sanitary rules and regulations II-94-80. Underground mine workings). Moscow : Stroyizdat, 1982. (in Russian)
9. Oparin V. N., Tapsiev A. P., Bogdanov M. N., Badtiev B. P., Kulikov F. M., Uskov V. A. *Sovremennoe sostoyanie, problemy i strategiya razvitiya gornogo proizvodstva na rudnikakh Norilsk* (Modern state, issues and development strategy of mining on Norilsk mines). Novosibirsk : Publishing House of Siberian Department of Russian Academy of Sciences, 2008. 372 p.
10. Karelin V. N., Marysyuk V. P., Sergunin M. P., Nagovitsin Yu. N., Tapsiev A. P. *Opyt vnedreniya sistem razrabotki s primeneniem samokhodnogo oborudovaniya na rudnike «Zapolyarnyy»* (Experience of implementation of mining systems with application of mobile equipment at Zapolyarnyy mine). *Fundamentalnye problemy formirovaniya tekhnogennoy geosredy*. Novosibirsk : Institute of Mining of Siberian Department of Russian Academy of Sciences, 2010. Tom II. Geotekhnologiya (Fundamental problems of formation of anthropogenic geologic environment. Volume II. Geotechnology). pp. 278–283.
11. Borshch-Komponiets V. I., Kraynev B. A., Loginskiy A. P. et al. *Otsenka vliyaniya treshchi-novatosti na ustoychivost massivov gornykh porod* (Assessment of influence of rock jointing on rock mass stability). *Gornyi Zhurnal = Mining Journal*. 1980. No. 10.

УДК 622.273.218

**В. П. МАРЫСЮК, А. А. КИСЕЛЬ** (ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»)  
**А. А. АНДРЕЕВ, В. И. ХУЦИШВИЛИ** (ОАО «ВНИМИ»)

# ОСОБЕННОСТИ ПОДДЕРЖАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ОБНАЖЕНИЕМ БУТОБЕТОННОГО МАССИВА ПРИ РАЗРАБОТКЕ УДАРООПАСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ\*



**В. П. МАРЫСЮК**,  
главный инженер Центра  
геодинамической безопасности,  
канд. техн. наук



**А. А. КИСЕЛЬ**,  
ведущий специалист отдела  
совершенствования технологии  
горных работ Центра  
геодинамической безопасности



**А. А. АНДРЕЕВ**,  
зав. Норильским сектором  
лаборатории рудных  
и нерудных месторождений



**В. И. ХУЦИШВИЛИ**,  
старший научный сотрудник

Представлены исследования и разработанные по их результатам рекомендации по формированию и поддержанию искусственных бутобетонных закладочных массивов при их вскрытии (обнажении) горными выработками в удароопасных условиях подземной разработки Талнахского и Октябрьского месторождений, характеризующихся блоковой структурой, наличием тектонических нарушений, сильной трещиноватостью и сложным НДС массива горных пород.

В целях обеспечения прочности и устойчивости обнажений при их вскрытии горными выработками рекомендовано применение химических добавок (пластификаторов) в составе твердеющих смесей, а также различные виды закрепления бутобетонного массива (анкеры, рамочная крепь из спецпрофиля, затяжка кровли).

**Ключевые слова:** удароопасные условия, обрушение пород, структура навалов, фильтрующие свойства, твердеющая закладочная смесь, пластификаторы, бутобетонный массив, качество, устойчивость обнажений, вскрытие выработками, крепление.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.17580/gzh.2015.06.16>

Разработка Талнахского и Октябрьского месторождений осуществляется в особо сложных горно-геологических условиях, характеризующихся явно выраженной блоковой структурой, наличием тектонических нарушений различных порядков, сильной трещиноватостью, сложным напряженно-деформированным состоянием (НДС), при которых неизбежно возникают инциденты,

связанные с обрушением пород. В процессе ликвидации куполов, образованных обрушением кровли подготовительных, нарезных и очистных горных выработок, в зону обрушения подают твердеющую закладочную смесь, которая формирует так называемый бутобетонный массив. В дальнейшем возникают проблемы обеспечения устойчивости обнажений горных выработок при вскрытии

\* В работе принимал участие специалист I категории Центра геодинамической безопасности ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» Н. К. Тухватуллин.