

## ВВЕДЕНИЕ

Проблемы организации закладочных работ на Норильском горно-металлургическом комбинате решались с 1962 года, когда на основании технико-экономических расчетов при отработке богатых руд были приняты системы разработки с заполнением выработанного пространства твердеющими закладочными смесями.

Полная закладка выработанного пространства имеет ряд преимуществ перед управлением кровлей обрушения:

- обеспечение наиболее полного извлечения полезного ископаемого;
- сохранение для последующей выемки других промышленных типов руд, залегающих выше отрабатываемых богатых руд;
- обеспечение безопасной и эффективной технологии очистной выемки богатых руд;
- управление горным давлением при очистной выемке;
- исключение возможности самовозгорания руды в выработанном пространстве;
- уменьшение оседания земной поверхности под влиянием горных пород;
- возможность подработки охраняемых объектов.

Закладка – самый надежный способ управления горным давлением, но дорогой и не всегда оправдывает себя экономически. Поэтому при организации закладочного хозяйства рудников необходимо установить в зависимости от выбранных систем разработки и их параметров нормативные требования к закладочному массиву при его обнажении горной выработкой.

На основе имеющихся на предприятии материалов был произведен подбор составов закладочных смесей с учетом минимальных затрат и удовлетворяющих требованиям укладки их в выработанное пространство.

В работе рассмотрен комплекс вопросов по подбору составов закладочных смесей, определению их свойств в лабораторных условиях, расчету параметров трубопроводного транспорта, оценки прочностных свойств закладочных массивов и др.

## 1. ТРЕБОВАНИЯ К НОРМАТИВНОЙ ПРОЧНОСТИ ЗАКЛАДОЧНОГО МАССИВА

Основным требованием к закладочному массиву является обеспечение устойчивости закладки в обнажениях горной выработкой в кровле, стенках и почве.

Устойчивость закладки в обнажениях обеспечивается ее механической прочностью, способной противостоять воздействию статических (собственный вес, пригрузка налегающих пород) и динамических нагрузок (ударное и сейсмическое действие взрывов, усилия от работы большегрузной техники).

В качестве основной характеристики принимается предел временного сопротивления при одноосном сжатии, определяемый при испытаниях по стандартным методикам.

В практике ведения закладочных работ на рудниках различают нормативную, марочную, расчетно-фактическую и фактическую прочность закладки.

*Нормативная прочность* твердеющей закладки – это прочность, при которой возможно безопасное обнажение закладочного массива горной выработкой заданных размеров; в стенках, кровле или почве выработки она зависит от условий обнажения закладки.

*Марочная прочность* твердеющей закладки – это прочность образцов-кубиков в возрасте 180 сут., изготовленных по соответствующему рецепту, которым пользуются при выборе промышленного состава закладки.

*Расчетно-фактическая прочность* закладки определяется по результатам контрольных испытаний образцов-кубиков в возрасте 3, 7, 28 сут. путем интерполяции по набору прочности данного типа закладки, полученной при подборе состава, в необходимые сроки и определяется по формуле

$$\sigma_t = (0,651gt - 0,466)\sigma_{180}, \text{ кг/см}^2,$$

где  $\sigma_t$  – прочность закладки в расчетные сроки, кг/см<sup>2</sup>\*;  $t$  – расчетное время, сут.,  $t > 180$  сут.;  $\sigma_{180}$  – кубиковая прочность закладки в возрасте 180 сут., используется при проектировании горных работ.

Фактическая прочность закладки в массиве определяется путем непосредственного его опробования, используется для сравнительной оценки и сопоставления, принятых в проекте параметров выработок с требованиями нормативной прочности.

Контрольные характеристики прочности закладки определяются по образцам – кубикам в возрасте 3, 7, 28, 90 и 180 сут. – лабораторией закладочного комплекса.

Методы определения фактической прочности закладки в массиве производятся по образцам, полученным из керна скважин или штуфных проб, или экспресс-методом с помощью динамического пробника П-1.

При обнажении закладки выработкой прочность закладки определяется по глубине проникновения в нее иглы пробника по зависимости

$$\sigma_{сж} = \frac{1900}{\sqrt{h^3}}, \text{ кг/см}^2,$$

где  $\sigma_{сж}$  – прочность закладочного массива на сжатие, кг/см<sup>2</sup>;  $h$  – глубина проникновения иглы пробника, мм.

Нормативная прочность закладки определяется расчетными методами и на основании опыта ведения горных работ в зависимости от условий работы обнажаемых частей закладочного массива, выполняющих функцию конструктивных элементов горных выработок: кровли, стенок, почвы, опор.

Для вертикальных обнажений закладки в стенках горных выработок нормативная прочность на рудниках была принята в зависимости от высоты обнажения закладки выработкой (табл. 1).

Таблица 1

Высота обнажения закладки в стенке выработки, м	Нормативная прочность закладки, МПа
До 10	1,0
До 20	1,5
До 30	2,0
До 40	2,5
До 50	3,0

Нормативная прочность слоистой закладки в кровле выработок (камер, слоев) без доступа людей в очистное пространство принимается в зависимости от ширины выработки (табл. 2).

Таблица 2

Ширина пролета выработки, м	Нормативная прочность закладки, МПа
До 4	2,0
До 6	3,0
До 8	4,0
До 10	6,0

Нормативная прочность закладки в кровле выработок при высоте ее армировки металлической сеткой, штангами не менее 1,8 м и толщине упрочненного слоя не менее 2,0 м принимается в зависимости от ширины пролета и коэффициента запаса 2 и 3 (табл. 3).

Таблица 3

Ширина пролета выработки, м	Нормативная прочность закладки с коэффициентом запаса равным 3, МПа	Нормативная прочность закладки с коэффициентом запаса равным 2, МПа
4	2,5	2,0
5	3,0	2,5
6	4,0	3,0
7	5,0	4,0
8	6,0	5,0
9	7,0	6,0
10	8,0	7,0

Нормативная прочность закладки с коэффициентом запаса 2 принимается при выполнении определенных требований, связанных с детальным изучением структуры закладки и определению прочностных свойств в массиве по кернам контрольных скважин.

Нормативная прочность поверхностного слоя закладки к моменту возобновления на нем работы большегрузного самоходного оборудования должна быть не менее 1,0 МПа.

Прочность закладочного массива, не соприкасающегося с рудными элементами и не обнажаемого, в последующем не нормируется.

При установлении фактической прочности закладки ниже требований нормативной прочности предусматривают специальные мероприятия, направленные на повышение устойчивости выработок:

- уменьшение ширины выработок до пролетов, отвечающих требованиям прочности;
- крепление поддерживающими видами крепи;
- крепление железобетонными штангами, ж/б штангами с набрызг-бетоном, ж/б штангами с сеткой и набрызг-бетоном;
- контурное взрывание на контакте с закладкой.

## **2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОПЫТ ВЕДЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ОСНОВЕ ПЕСКОВ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ И ЦЕМЕНТА**

Закладочные работы впервые были произведены на руднике «Маяк» в 1966 г. по временной схеме. С бетонного завода раствор бетона доставлялся автотранспортом (самосвалами) на временный закладочный узел, оснащенный приемным баком с двухвальным смесителем непрерывного действия С-543.

Из приемного бака раствор подавался в смеситель, где с добавлением воды доводился до консистенции, пригодной для транспортирования по трубам. Приготовленный раствор после смесителя поступал в обсаженные скважины, пробуренные с поверхности до вентиляционно-закладочного горизонта, и далее по трубопроводам в выработанное пространство.

Первый опыт применения состава из песка, с допустимым содержанием фракций крупнее 5 мм не более 15%, и цемента М300 показал возможность его применения.

По этой схеме в период с 1966 г. по 1969 г. было заложено 344 тыс.м<sup>3</sup> подземных пустот. Применялись бетоны, приготовленные для трубопроводного транспорта с расходом цемента более 350 кг/м<sup>3</sup> с нормированной прочностью закладки в 180-суточном возрасте 10 МПа. Смесь готовилась с водоцементным отношением больше единицы.

В дальнейшем, после ввода ПЗК рудника «Маяк» и строительства закладочных установок на рудниках «Комсомольский», «Октябрьский», закладочные работы выполнялись на основе песков вечной мерзлоты и цемента.

### ***Технология заготовки песков для производства закладки в условиях Крайнего Севера***

В качестве заполнителя для производства закладочной смеси до 1975 г. применялись естественные пески Хараелахского месторождения, находившиеся в условиях многолетней мерзлоты. Пески имеют модуль крупности от 0,5 до 1,5, содержат до 25% влаги, находятся в мерзлом состоянии.

Технология заготовки песков для производства закладочных работ в карьере включала вскрышу песков буровзрывным способом, транспортировку взорванной горной массы в карьерные отвалы, добычу песка буровзрывным способом и транспортировку его на прикарьерные склады. Эти работы выполнялись в зимний период с октября по июнь месяц. В летний период с июня до октября месяца производили обработку мерзлого песка на прикарьерных складах с помощью экскаватора и бульдозерной техники с целью оттаивания, обезвоживания и последующего складирования его на прикарьерных складах в бурты. Объемы производства составляли от 800 тыс.м<sup>3</sup> до 1,5 млн.м<sup>3</sup> подготовки песка в летний период. С помощью экскаваторной и бульдозерной техники прикарьерные склады, образованные в зимнее время, перелопачивались

с целью оттаивания и обезвоживания песков. Как показали натурные наблюдения, глубина оттаивания песков за весь летний период при его естественном состоянии достигает только 0,8 м.

При перелопачивании прикарьерных складов песка в летний период взорванные куски песка не все оттаивали – до 50% оставались в мерзлом состоянии. Оттаявшая влага с поверхности валков, проникая вглубь перелопаченного песка на мерзлые куски, вновь замерзала. Поэтому поставленная задача – оттаять и обезвожить пески на прикарьерных складах – не выполнялась.

При влажности песков 20-23% и температуре воздуха до  $-40^{\circ}\text{C}$  прочность смерзания песков достигает до 18-20 МПа. При такой прочности мерзлый песок не рыхлится и не раздавливается бульдозерной техникой, его обработка возможна только с помощью буровзрывных работ, а измельчение с помощью только молотковых дробилок, т.к. другие дробилки (щелевые, конусные, валковые) забиваются и выходят из строя.

С целью обеспечения производства закладочных работ на закладочных комплексах для оттаивания песков были построены сушильные барабаны, т.к. подача мерзлого песка для приготовления закладочной смеси приводит к ряду проблем, связанных с приготовлением, транспортом и укладкой закладки в выработанное пространство, получением равномерной прочности закладочного массива и т.д.

Сушильные барабаны, учитывая производительность закладочных установок и комплексов (до 100-150 м<sup>3</sup>/ч), обеспечивали только возможность оттаивания песков (производительность 30 м<sup>3</sup>/ч сухого песка).

Оттаявший песок, имеющий влажность до 20%, при его использовании забутовывал бункера перед смесителем, осложняя дозировку материалов дозаторами, заливал ведущую головку наклонных транспортеров.

Исследованиями, проведенными в летний период в карьере, было установлено, что глубина оттаивания массива мерзлых песков через 3 сут. составляла в среднем 0,15 м при температуре  $+8\div 10^{\circ}$ .

Учитывая данные гидрологической экспедиции для г.Талнаха, продолжительность летнего периода со средней температурой  $+8...+10^{\circ}\text{C}$  составляет до 90 дн. Максимальный объем снятия песков с одного гектара за этот период составит до 40 тыс.м<sup>3</sup>, а чтобы обеспечить объем заготовки песков до 1,5 млн.м<sup>3</sup> на год, необходимо обеспечить вскрытие песков вечной мерзлоты до 70-100 га, с учетом размещения буртов в карьере на вскрытых площадях.

Летняя добыча песка в карьере с помощью бульдозерной техники и оформление его в бурты позволили производить заготовку песка без мерзлых включений.

По результатам выполненных исследований было принято решение о применении технологии добычи и заготовки песка в летний период непосредственно на вскрытых площадях месторождений. Вскрытие запасов песка производится только в зимний период, а в летний период добывается путем послойного снятия оттаявшего песка и перемещения его в бурты с помощью бульдозерной техники. Расположение буртов производится на вскрытых площадях песков (до 70-100 га), которые после спуска паводковых вод и строительства водоотводящих канав разделяются на несколько участков с таким расчетом, что на каждом участке через трое суток производится съем оттаявшего слоя песка и перемещение его в бурты.

Внедрение в производство технологии летней добычи и заготовки песков в карьере позволило обеспечить стабильную поставку песка на закладочные комплексы и установки в зимний период, снизить влажность заготавливаемого песка до 13-15%, исключить буровзрывные работы, отказаться от использования сушильных барабанов на рудниках.

Выполненные исследования по подбору составов закладочных смесей на основе цемента М300 и естественных песков Хараелахского месторождения представлены в табл. 4.

Таблица 4

## Песчано-цементные составы закладочных смесей

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Влажность, %	Объемный вес смеси, т/м <sup>3</sup>	Прочность образцов при сжатии, МПа, в возрасте, сут.					
	Цемент М300	Песок	Вода			3	7	28	90	180	360
1	54	1472	434	22	1,96	4	8	8	-	-	-
2	100	1560	350	17	2,05	5	6	-	11	17	24
3	107	1391	428	22	1,93	6	6	11	18	24	58
4	168	1356	444	22	1,97	5	9	27	33	41	-
5	180	1300	-	-	-	-	7	15	-	21	-
6	200	1500	340	17	2,04	8	9	-	16	29	35
7	200	1400	390	20	1,97	7	9	-	20	33	39
8	200	1352	440	22	1,99	6	9	-	17	27	37
9	221	1278	442	23	1,94	7	12	26	44	60	-
10	240	1300	-	-	-	-	9	-	19	-	-
11	250	1285	435	22	1,97	9	15	34	58	78	88
12	275	1224	440	23	1,94	11	22	53	63	77	-
13	300	1400	350	17	2,05	15	22	-	42	59	81
14	300	1360	400	20	2,02	13	23	-	41	64	-
15	300	1470	290	14	2,06	16	21	-	31	51	72
16	300	1270	435	22	2,0	12	18	-	32	54	62
17	300	1300	441	23	1,98	-	38	70	84	88	-
18	300	1300	397	21	1,91	-	31	37	56	96	-
19	300	1300	408	20	2,0	-	33	47	69	145	-
20	323	1150	448	23	1,92	5	8	11	20	36	-
21	324	1155	450	23	1,92	6	13	14	28	45	-
22	332	1285	415	20	2,03	15	27	-	45	72	92
23	380	1168	446	23	1,96	14	25	77	106	140	160
24	450	1260	430	21	2,04	-	48	87	143	-	-
25	480	1046	453	23	1,98	30	61	125	131	226	-

### 3. ПОДБОР СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ЦЕМЕНТА И КЛИНКЕРА

Применение доменных и металлургических гранулированных шлаков, золы, шлаков ТЭЦ и котельных, известняков и других активных минеральных добавок в составах вяжущего позволяет снизить объем использования цемента и стоимость вяжущего.

Учитывая дефицитность цемента в качестве вяжущего, в составах закладочных смесей был применен мокро-молотый портландцементный клинкер.

*Портландцементный клинкер* – промпродукт цементного производства – обладает рядом положительных свойств: может транспортироваться любым транспортом и складироваться под открытым небом в бурты, хорошо дозируется и проходит по трактам и через бункера, менее дефицитен и имеет более низкую стоимость, чем цемент.

На Норильском комбинате впервые был широко внедрен в производство закладки способ мокрого помола клинкера на руднике «Маяк».

Экспериментальные работы по определению параметров технологического процесса сухого и мокрого способа помола клинкера производили над цементом клинкера Ачинского цементного завода, который при стандартном опробовании имел активность 300.

Данные показывают, что длительность помола для достижения аналогичной тонкости помола продукта при мокром помоле составляет 0,54 от длительности сухого помола (табл. 5).

Таблица 5

Длительность помола, мин.	Сухой способ		Мокрый способ	
	Остаток на сите 0,08 мм %	Удельная поверхность по Товарову, см <sup>2</sup> /г	Остаток на сите 0,08 мм %	Удельная поверхность по Товарову, см <sup>2</sup> /г
23	15,5	2250	11,0	3000
27	14,3	2470	8,5	3410
35	13,2	2780	2,7	5100
40	11,5	2960	0,5	5460
50	7,2	3350	–	–

Активность размола по сухому и мокрому способу клинкера зависит от тонкости его помола.

Сравнение активности вяжущего в составах закладочных смесей по пределу прочности на сжатие затвердевших смесей показывает, что при сопоставимых тонкостях помола по остатку на сите и удельной поверхности мокромолотый клинкер имеет меньшую активность, чем размолотый по сухому способу.

При сопоставимых длительностях помола мокромолотый клинкер имеет активность, практически аналогичную с размолотым по сухому способу клинкером (табл. 6).

Определение при В/Ц 0,6.

Заполнитель – стандартный песок.

Балочки 40×40×160 мм.

Состав смеси: клинкер 5%.

Состав гипса: песок – 1:3.

Таблица 6

Способ помола	Длительность помола, мин.	Остаток на сите 0,08 мм %	Предел прочности при сжатии, кгс/см <sup>2</sup>			
			Возраст, сут.			
			7	28	90	180
Мокрый	30	10,58	98	139	160	189
Сухой	50	11,0	133	186	198	288

Подбор составов закладочных смесей для рудника «Маяк» был выполнен с учетом производительности установленной на закладочном комплексе шаровой двухкамерной мельницы 2×10,2 м и требуемой производительности комплекса по смеси. Недостаточная техническая вооруженность закладочного комплекса помольным оборудованием не позволила применить составы содержащие только мокромолотое вяжущее, поэтому в этот период применялись составы 2 и 3 (табл. 7).

Таблица 7

№ состава	Марка закладки в возрасте 180 сут.	Состав смеси на 1 м <sup>3</sup> раствора, кг					Суммарный расход вяжуще- го, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии кг/см <sup>3</sup>		
		М 300	Клинкер	Котельный шлак	Зола ТЭЦ	Песок		Возраст, сут.		
								28	90	180
1	60	315	–	–	–	1350	315	39	49	65
2	60	140	160	40	–	1300	300	36	53	71
3	60	100	100	–	130	1300	200	35	63	75

Лабораторные исследования и промышленная проверка полностью подтвердили возможность мокрого помола портландцементного клинкера для приготовления твердеющей закладки. Применение отходов ТЭЦ и котельных было ограничено из-за незначительности запасов в связи с переводом теплоэнергетического хозяйства комбината на газовое топливо.

В условиях удаленности и транспортной изолированности Норильского района, острого дефицита в цементе, а также значительных, ежегодно возрастающих объемов закладочных работ, проблема изыскания рационального состава вяжущего для производства закладочных смесей рассматривалась, как одна из важнейших. С учетом перспектив развития закладочно-

го хозяйства комбината основными материалами для производства закладочных смесей предлагалось использовать, наряду с цементом, шлаки никелевого производства и природные ангидриты ( $\text{CaSO}_4$ ).

Ежегодный выход шлаков никелевого производства в Норильском промышленном районе весьма значителен и образуется пропорционально объемам добываемой руды. По своему составу шлаки представляют собой многокомпонентную систему преимущественно железисто-силикатного состава, классифицируются как инертный материал. Однако температура получения этих шлаков и суммарное содержание  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в пределах 15-20% (в т.ч.  $\text{CaO}$  до 4-5%), которые определяют в целом возможность затвердения в результате гидратации, свидетельствуют о принципиальной возможности проявления ими вяжущих свойств при условии их грануляции и изыскании способов активации. Запасы ангидритов месторождения г. Зуб в Норильском районе, расположенного на расстоянии около 40 км от Талнахских рудников, весьма значительны, но требуют подземной разработки. Ангидритовый цемент, т.е. молотый ангидрит с добавками, активизирующими процессы гидратации и твердения, находит применение в строительной практике, в том числе и Норильском районе. Как материал для производства закладочных смесей он ранее не применялся и не исследовался.

Исследования показали, что ангидритовые закладочные смеси (400-600 кг/м<sup>3</sup> ангидритового вяжущего, в т.ч. 3-10% цемента, заполнитель – дробленый ангидрит) обеспечивают кубиковую прочность при сжатии в полугодовом возрасте 8-10 МПа.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что при замене части ангидрита в ангидритцементном вяжущем никелевым граншлаком прочность возрастает, достигая максимума при соотношении между граншлаком и ангидритом 1,5÷2. Результаты дифференциального и рентгеноструктурного анализов показали, что при гидратации трехкомпонентной системы (ангидрит – никелевый граншлак-портландцемент) кристаллизуются низкоосновные гидросиликаты, гидроферриты, гидросульфолою-минаты и другие новообразования, не характерные для гидратации цемента, ангидрита, либо их смеси, и являющиеся продуктами взаимодействия всех трех компонентов.

Таким образом, считавшийся инертным никелевый граншлак в условиях сложной сульфатно-щелочной активации становится активным компонентом вяжущего. Данное техническое решение – смесь ангидрита, никелевого граншлака и цемента, названная ангидритошлакоцементным вяжущим (АШЦ) – защищено авторским свидетельством (табл. 8).

Таблица 8

Состав АШЦ, %			Кубиковая прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут.			
Цемент	Ангидрит	Граншлак	7	28	90	180
10	90	0	2,9	6,8	9,1	11,5
10	56	34	2,8	8,8	–	12,7
10	45	45	2,8	8,3	10,9	13,7
10	34	56	2,8	9,2	13,2	15,7
10	12	78	2,7	7,3	–	12,4
10	0	90	1,3	3,8	6,1	7,8
3	48,5	48,5	–	2,8	–	64,1
20	40	40	3,2	12,3	16,1	18,7
35	32,5	32,5	4,1	13,2	–	21,6

Как видно из табл. 8, активность АШЦ-вяжущего зависит от содержания цемента и соотношения между ангидритом и граншлаком, причем при изменении его от 1,0:1,5 до 1,0:1,7 отличается незначительно. Это позволяет, сохраняя приблизительно одинаковую прочность, регулировать содержание граншлака и ангидрита в смеси на закладочном комплексе в зависимости от их наличия для обеспечения транспортабельности.

При подборе закладочных смесей на основе АШЦ-вяжущего их необходимая прочность (марка закладочной смеси) может быть обеспечена:

- изменением соотношения между заполнителем и вяжущим при постоянном составе последнего;
- изменением содержания цемента в вяжущем при постоянном его количестве.

Ниже приведен сравнительный расход цемента в составах закладочных смесей на основе цемента и АШЦ-вяжущего (табл. 9).

Таблица 9

Вид вяжущего	Вид заполнителя	Расход цемента, т/м <sup>3</sup> , для достижения прочности, МПа, в возрасте 180 сут.				
		2,0 МПа	4,0 МПа	6,0 МПа	8,0 МПа	10,0 МПа
Цемент	Хараелахский песок	0,18	0,24	0,30	0,36	0,39
Цемент	Отвальные породы	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
АШЦ (ангидрит:шлак =1:1,5)	Отвальные породы	0,07	0,10	0,15	0,20	0,23

Выполненные исследования и результаты промышленной проверки показали, что АШЦ-составы по своим свойствам (срок схватывания, адгезионные способности, темпы набора прочности, возможность и простота ее регулирования, обеспеченность сырьевой базой) являются наиболее рациональными для производства закладочных смесей в условиях рудников комбината и позволяют достичь следующих преимуществ:

- в зависимости от марки закладочной смеси экономить 0,11-0,16 т/м<sup>3</sup> цемента по сравнению в ПЦ-составами;
- в зависимости от мощности оборудования для приготовления состава на закладочных комплексах и свойств заполнителя могут обеспечить необходимые прочность и транспортабельность закладочных смесей, регулируя состав и количество вяжущего с сохранением минимального расхода цемента;
- максимально использовать местные материалы и отходы производств для закладочных смесей.

В практике закладочных работ приготовление вяжущего на основе граншлака черной металлургии или других отходов производств и местных материалов осуществляется на закладочном комплексе путем мокрого помола в шаровых рудных или цементных мельницах и последующего одновременного смешивания с цементом и заполнителем в бетоносмесительных агрегатах непрерывного действия. К преимуществам этой технологии относится исключение процессов сушки и пылеподавления при помоле, а также специально оборудованных средств транспортирования сырья для производства вяжущего на закладочный комплекс.

Опыта производства многокомпонентных вяжущих, каковым является ангидрито-шлакоцементное, с различной размальываемостью компонентов (граншлак 23 кг/квт.ч., ангидрит 129 кг/квт.ч.) не было. Лабораторные исследования совместного и отдельного мокрого помола граншлака и ангидрита в замкнутом цикле выявили некоторые преимущества (по условиям прочности) отдельного, который и был предусмотрен техническими проектами закладочных комплексов рудников «Комсомольский» и «Октябрьский».

Однако на практике достичь качественного перемешивания шлаковой и ангидритовой пульпы между собой, а также с цементом в бетоносмесителе (типа С-543) не удается, что в конечном итоге отрицательно отражается на прочности и транспортабельности закладочных смесей; наблюдается также расслоение шлаковой пульпы в подающем лотке вплоть до его закупорки. Это, а также то, что АШЦ, по сравнению с другими видами вяжущих, не требует высокой тонины помола, обусловило, впервые в практике закладочных работ, внедрение совместного мокрого помола в открытом цикле граншлаков и ангидритов с резко отличающейся размальываемостью.

Приготовление закладочных смесей на отечественных и зарубежных предприятиях производится в агрегатах непрерывного действия, преимущественно в бетоносмесителях, которые выполняют только функции перемешивания компонентов, что не в полной мере удовлетворяет требованиям технологии производства закладочных смесей.

Как известно, заполнителем в закладочных смесях служат преимущественно пески и хвосты обогащения, содержащие в своем составе достаточное количество мелких частиц для обеспечения транспортабельности (т.е. способность смеси транспортироваться по трубам без его закупорки, расслоения и сегрегации составляющих). Щебень, песчано-гравийные смеси и другие крупнозернистые материалы для обеспечения транспортабельности требуют различной степени дробления и измельчения, что усложняет технологическую схему производства



закладочных смесей. Они находят весьма ограниченное применение, несмотря на то, что по сравнению с заполнителем из песков или хвостов обогащения, обеспечивают лучшие прочностные показатели при одинаковом расходе цемента. При этом даже двух- и трехстадийное дробление и грохочение не всегда (в зависимости от свойств материала) обеспечивает выход достаточного по условиям транспортабельности выхода частиц фракции – 0,1 мм.

Необходимо также отметить, что строительные бетоно-смесители предназначены для приготовления бетонов с невысоким, относительно закладочных смесей, водосодержанием. Их применение для приготовления закладочных смесей, особенно многокомпонентных, не обеспечивает достаточную степень перемешивания компонентов, наблюдается выпадение крупных фракций и отделение воды, что в конечном итоге отрицательно отражается на транспортабельности и прочности. Так, при приготовлении закладочных смесей на основе АШЦ-вяжущего с заполнителем из дробленых пород, граншлака и ангидрита в лотковом двухвальном смесителе (тип бетоносмесителя С-543) наблюдалось расслоение уже в процессе перемешивания, смеси оказывались нетранспортабельными, что приводило к закупорке трубопровода.

В итоге на основании анализа опыта ведения закладочных работ было установлено, что рациональная технология производства закладочных смесей должна предусматривать совмещение в одном агрегате функций перемешивания и измельчения компонентов, что позволит использовать заполнитель практически любого гранулометрического состава и обеспечит высокое качество их смешивания, упростит технологическую схему закладочного комплекса.

Впервые в практике закладочных работ был обоснован и разработан «мельничный» способ производства закладочных смесей. По этому способу все компоненты закладочной смеси с исходной крупностью до 300 мм совместно обрабатываются в шаровых мельницах на закладочных комплексах в режиме мокрого помола в открытом цикле. Гранулометрический состав смеси на выходе из мельницы характеризуется равномерными консистенцией и распределением компонентов, содержание фракций 0,1 мм составляет не менее 40÷50%. Такой состав транспортабелен и практически исключает закупорку трубопроводов.

Для улучшения качества смешивания компонентов и уменьшения пыления цемента последний подается в мельницу в виде пульпы, приготовляемой в смесительных баках, в т.ч. импеллерного типа, позволяющих достичь некоторой активации цемента.

На рудниках г.Талнаха была освоена технология подачи цемента непосредственно в мельницу для помола и смешивания всех остальных компонентов смеси, что позволяет за счет активации вяжущего увеличить прочность закладки. Ниже приведен сравнительный расход цемента в смесях мельничного приготовления в зависимости от способа его подачи (табл. 10).

Таблица 10

Вид вяжущего	Способ подачи цемента в смесь	Расход цемента, т/м <sup>3</sup> , для прочности, МПа, в возрасте 180 сут.				
		2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
АШЦ	В лоток	0,08	0,14	0,18	0,21	0,25
АШЦ	В мельницу	0,07	0,10	0,15	0,20	0,23

Технология «мельничного» приготовления закладочных смесей с подачей цемента в мельницу освоена на всех закладочных комплексах рудников Норильского комбината, что позволило добиться следующих преимуществ:

- обеспечить высокое качество приготовления закладочных смесей, практически исключая закупорку трубопроводов закладкой;
- за счет активации вяжущего в мельнице снизить удельный расход цемента на 0,01 – 0,04 т/м<sup>3</sup>, в зависимости от марки закладочных смесей;
- открыть возможность использования заполнителем практически любого местного материала после дробления его до крупности 50 – 300 мм.

На основании лабораторных исследований установлено изменение прочностных показателей шлако-цементного состава закладки (шлак, гранулированный никелевого производства, немолотый); результаты представлены в табл. 11.

Таблица 11

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Прочность во времени, МПа		
	Цемент, кг	Граншлак, кг	Вода, л	R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>
1	0	1550	500	-	0,01	0,1
2	50	1500	-	-	1,1	1,4
3	100	1450	-	0,7	1,0	1,6
4	200	1350	-	2,0	3,0	6,0
5	300	1250	-	3,2	6,3	9,2

Исследованные составы имеют большую сегрегацию, расслоение смеси в процессе транспортирования по трубам и плохую растекаемость, поэтому для промышленного применения не рекомендованы.

Результаты исследований без цементных составов в лабораторных условиях из ангидрита и шлака, приготовленные мельничным способом, представлены в табл. 12.

Таблица 12

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Плотность $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа				
	Ангидрит	Граншлак	Вода		R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>90</sub>	R <sub>180</sub>
1	684	856	460	2,0	-	0,1	-	0,4	1,3

Исследования, выполненные в лабораторных условиях с различными местными материалами представлены в табл. 13 – 21.

Таблица 13

## Цементно-щебеночные составы закладки (ШЦ)

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Влажность W, %	Плотность $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Цемент	Щебень	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	135	1200	625	34	1,84	-	0,7	1,2	2,4
2	142	1142	576	31	1,86	-	0,9	1,7	3,0
3	146	1128	590	30	1,97	0,8	2,0	3,0	6,2
4	157	1263	546	28	1,95	0,6	1,2	2,5	4,2
5	156	1255	546	28	1,95	0,7	1,1	2,2	4,1
6	172	1254	489	24	2,04	-	1,1	3,5	8,6
7	174	1200	647	39	1,66	-	1,5	1,6	2,6
8	190	990	630	35	1,69	0,8	1,8	2,5	4,2
9	230	1200	600	28	2,02	0,8	2,9	5,0	8,0
10	250	1100	504	30	1,98	-	0,6	2,3	3,2
11	250	1128	590	30	1,97	0,8	1,9	3,0	6,2
12	250	1100	432	24	1,80	-	2,2	4,6	4,8
13	284	1253	510	25	2,04	1,3	2,8	5,4	9,0
14	300	1100	545	29	1,90	-	2,3	4,1	6,0
15	350	1100	555	30	1,85	-	1,8	5,6	7,3
16	350	1100	576	31	1,80	-	1,5	4,4	5,8
17	360	1000	532	28	1,90	-	2,5	4,3	8,6
18	400	1000	494	26	1,90	-	3,5	6,0	9,5
19	400	1000	560	32	1,75	-	1,6	5,7	6,8

Таблица 14

## Шлако-цементные составы закладки со щебнем (ШЦЩ)

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Влажность W, %	Плотность γ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Цемент	Щебень	Граншлак	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	137	728	364	480	28	1,72	0,2	0,4	0,8	1,8
2	143	760	380	608	32	1,90	0,3	0,6	0,9	1,1
3	150	600	600	480	24	2,00	-	1,2	3,7	6,0
4	150	600	600	378	18	2,10	-	1,9	2,0	7,3
5	184	584	392	710	40	1,78	0,3	0,6	0,8	1,9
6	193	530	580	600	32	1,89	1,0	1,3	2,3	3,0
№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Влажность W, %	Плотность γ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Цемент	Щебень	Граншлак	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
7	200	470	650	-	-	-	-	-	1,7	3,9
8	200	500	650	567	27	2,10	-	-	2,9	5,5
9	220	584	350	500	28	1,80	0,6	1,4	1,5	4,9
10	220	500	650	558	27	2,07	-	-	3,2	4,3
11	240	800	400	570	30	1,90	0,7	1,5	3,4	9,2
12	250	600	600	527	25	2,11	-	1,5	3,9	4,9
13	253	590	422	590	31	1,85	1,0	1,9	3,1	7,1
14	264	620	620	530	26	2,04	-	0,7	2,0	2,1
15	300	600	600	420	21	2,00	-	1,6	3,8	6,3
16	332	664	330	570	30	1,90	0,7	1,5	3,4	9,2
17	346	688	346	513	27	1,90	0,8	1,6	3,9	6,2
18	350	400	650	560	28	2,00	1,2	-	2,8	5,6
19	360	400	650	525	25	2,30	0,7	-	4,8	7,7
20	360	650	400	-	-	-	1,2	-	4,0	7,2
21	390	800	400	570	30	1,90	-	-	8,7	10,0
22	400	450	650	555	30	1,98	1,4	-	6,3	9,0

Таблица 15

## Клинкерно-шлако-ангидритовые составы закладки (КША)

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Влажность W, %	Плотность γ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Клинкер	Ангидрит	Граншлак	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	30	700	750	500	-	-	-	-	-	1,0
2	60	70	720	500	-	-	-	0,6	1,0	2,2
3	80	700	700	500	-	-	0,5	0,8	2,1	4,0
4	120	750	950	528	24	2,20	-	0,3	1,3	-
5	120	750	950	470	22	2,14	-	0,3	1,1	-
6	150	700	650	450	24	2,08	-	1,9	6,2	-
7	150	600	750	550	-	-	0,8	1,2	3,0	6,0
8	250	745	624	480	26	1,85	0,4	1,3	2,1	-
9	250	500	750	500	-	-	1,0	1,5	4,0	8,0
10	260	650	600	492	-	-	-	1,4	4,6	-
11	300	500	700	500	-	-	1,5	3,0	5,0	10,0
12	320	745	620	530	27	1,97	1,5	-	6,5	-

Таблица 16

## Песчано-глинчатые составы закладки

№ п/п	Расход материалов				Влажность W, %	Плотность $\gamma$ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Клинкер	Песок	Нефелин шлак	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	300	1173	-	460	24	1,9	0,6	1,2	2,5	5,0
2	150	1173	150	457	24	1,9	0,4	0,9	2,6	4,2
3	180	1300	120	530	28	1,9	0,3	0,6	1,3	-
4	240	1030	60	540	30	1,8	0,2	0,6	1,4	-

Таблица 17

## Нефелино-ангидрито-шлаковые составы закладки со щебнем (НАШЩ)

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					Влажность W, %	Плотность $\gamma$ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Нефелин шлам	Ангидрит	Граншлак	Щебень	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	135	450	550	135	570	31	1,84	-	0,4	-	1,4
2	140	460	550	140	555	30	1,85	-	0,6	-	0,8
3	145	480	580	150	562	28	2,01	-	0,3	-	0,6
4	150	500	600	150	574	29	1,98	-	0,1	-	0,4
5	170	410	520	170	591	30	1,97	-	1,3	-	3,1
6	180	370	400	180	616	35	1,76	-	1,6	-	2,3
7	190	380	380	190	651	37	1,79	-	0,6	-	2,0
8	210	420	420	210	537	30	1,79	-	1,0	-	1,8
9	210	430	470	210	542	29	1,87	-	1,5	-	2,2
10	215	430	470	215	570	30	1,90	-	-	-	3,0
11	220	450	490	220	594	30	1,98	-	1,8	-	3,8
12	220	440	485	220	585	30	1,95	-	1,9	-	2,1
13	230	460	510	230	504	26	1,94	-	1,6	-	2,8
14	230	450	500	230	494	26	1,90	-	1,5	-	2,2
15	240	490	530	240	507	25	2,03	-	1,1	-	2,5
16	250	490	540	240	588	28	2,10	-	1,2	-	3,0
17	250	430	470	170	567	30	1,97	-	1,0	-	4,2
18	250	500	550	250	510	25	2,04	-	1,2	-	3,4
19	270	360	460	270	585	30	1,95	-	1,1	-	1,7
20	300	400	500	300	475	24	1,98	-	1,5	-	2,3
21	320	320	420	320	495	25	1,98	-	1,0	-	2,2

Таблица 18

## Ангидрито-шлако-цементные составы закладки с хвостами обогатительной фабрики

№ п/п	Расход материалов					Плотность $\gamma$ т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа				
	Цемент	Ангидрит	Граншлак	Хвосты	Вода		R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>90</sub>	R <sub>180</sub>
1	80	160	360	1070	390	2,06	0,4	0,8	3,1	4,0	-
2	80	160	610	890	370	2,12	0,5	0,9	4,9	6,0	-
3	90	180	500	930	380	2,10	0,5	0,9	4,3	6,1	-
4	90	180	760	750	400	2,18	0,5	0,9	3,1	5,9	-
5	100	150	240	1100	380	2,07	0,4	0,7	1,5	2,8	4,8
6	100	200	300	1035	372	2,00	0,5	0,8	1,8	4,3	6,3
7	100	200	1000	700	380	2,15	0,5	1,0	3,7	4,5	-
8	100	200	650	830	340	2,14	0,6	0,9	3,2	5,1	6,9
9	100	200	410	1000	330	2,05	0,6	0,9	3,0	4,7	5,5
10	310	-	130	1200	330	1,97	1,4	2,4	3,6	4,5	6,9
11	320	-	270	1080	350	2,02	1,6	2,5	3,6	5,1	6,2

Таблица 19

## Хвосты обогатительной фабрики с цементом в составах закладки

№ п/п	Расход материалов					Плотность $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Цемент	Хвосты	В том числе		Вода		R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
			-0,08 мм	+0,08 мм						
1	310	1270	-	-	432	2,01	1,3	2,4	3,0	-
2	314	1242	-	-	467	2,02	0,9	1,7	2,3	5,5
3	316	1260	-	-	439	2,02	1,3	2,4	-	-
4	324	1260	-	-	450	1,99	1,1	1,8	3,7	-
5	320	1200	240	960	450	1,97	1,3	2,4	-	5,5
6	320	1180	340	840	450	1,97	1,1	2,2	-	5,0
7	320	1200	430	770	450	1,97	1,2	2,2	-	5,0
8	320	1200	530	670	450	1,97	1,2	2,4	-	5,7
9	320	1200	630	570	450	1,97	1,0	2,1	-	4,9
10	320	1200	720	480	450	1,97	1,4	2,4	-	5,5
11	320	1200	820	380	450	1,97	1,4	2,5	-	5,8
12	320	1200	910	290	400	1,92	1,4	2,5	-	5,8
13	320	1200	340	860	500	2,02	1,2	2,0	-	4,6
14	320	1200	1200	-	525	2,05	1,2	1,9	-	4,4

Таблица 20

## Ангидрито-шлако-цементные составы закладки

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Влажность W, %	Плотность $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Клинкер	Ангидрит	Граншлак	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	40	612	830	509	23	2,17	-	0,6	2,6	3,5
2	50	816	428	475	24	1,98	-	0,8	3,3	4,8
3	50	600	700	506	23	2,2	-	0,9	1,6	3,6
4	60	700	750	518	25	2,09	-	-	2,4	3,9
5	60	800	900	492	23	2,14	-	1,1	2,2	4,2
6	60	750	1000	523	25	2,03	-	0,6	1,9	3,0
7	60	700	760	-	-	-	-	-	2,9	7,9
8	70	700	700	476	23	2,07	-	0,8	3,2	8,5
9	80	600	700	487	23	2,12	-	1,4	3,6	6,0
10	90	650	750	499	23	2,11	-	1,5	4,2	8,9
11	90	950	475	490	22	2,18	-	1,8	2,0	6,9
12	90	796	645	500	25	2,0	-	1,3	3,1	6,3
13	100	796	645	495	24	2,02	-	0,8	2,9	8,2
14	100	676	765	475	24	1,98	-	1,8	3,6	6,6
15	110	650	750	490	23	2,13	-	2,0	5,5	8,9
16	128	600	700	440	20	2,30	-	-	1,8	4,7
17	130	948	474	490	26	2,01	1,0	1,8	4,8	5,0
18	130	600	750	524	23	2,28	-	0,3	2,0	6,5
19	140	600	900	525	26	2,02	-	0,4	1,2	5,6
20	150	600	700	470	22	2,18	-	2,4	5,3	7,9
21	150	700	600	553	24	2,12	-	1,7	3,9	8,7
22	150	750	750	537	28	1,92	-	1,0	4,5	6,4
23	150	600	800	464	23	2,02	-	1,8	4,2	8,9
24	160	600	750	462	22	2,10	-	3,5	8,8	9,4
25	190	700	635	490	24	2,03	1,6	2,6	4,0	5,7

26	200	900	500	607	34,3	1,84	-	1,1	2,2	4,6
27	220	750	750	565	30	1,88	-	1,0	3,9	8,4
28	250	635	635	500	25	2,02	0,8	1,2	5,6	9,60

Таблица 21

Ангидрито-шлако-цементные составы закладки  
со щебнем (АЩЦШ)

№ п/п	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					Влажность W, %	Плотность γ, т/л <sup>3</sup>	Прочность во времени, МПа			
	Цемент	Ангидрид	Граншлак	Щебень	Вода			R <sub>3</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>28</sub>	R <sub>180</sub>
1	80	280	480	500	560	30	1,89	0,2	0,4	1,0	2,5
2	86	350	430	450	580	30	1,91	0,4	0,6	1,0	3,0
3	76	330	660	330	600	30	2,00	-	0,5	1,2	3,2
4	83	365	730	365	515	25	2,06	-	0,6	1,6	6,7
5	90	400	500	400	473	23	2,06	-	0,9	2,7	3,9
6	90	350	450	500	450	21	2,15	-	1,2	3,6	5,4
7	92	367	459	367	483	26	1,86	-	0,9	1,4	2,2
8	100	350	500	500	-	-	-	-	-	1,4	3,4
9	110	300	400	600	520	25	2,13	-	-	2,1	4,3
10	125	350	400	600	588	28	2,10	-	-	2,8	4,0
11	125	340	420	450	550	29	1,89	0,6	0,8	1,2	5,0
12	125	350	480	350	560	30	1,87	0,8	1,5	2,3	5,8
13	125	350	400	600	537	25	2,15	-	-	2,2	4,5
14	128	367	505	367	585	30	1,95	-	0,7	1,4	4,0
15	130	350	350	470	570	31	1,87	0,3	0,7	1,4	2,2
16	130	376	520	376	600	30	2,00	-	0,8	1,3	3,4
17	130	280	500	500	540	28	1,94	0,5	0,9	2,2	5,3
18	140	400	550	400	596	31	1,90	-	-	1,4	3,9
19	140	320	550	330	500	25	2,05	0,4	0,9	1,7	3,9
20	140	400	350	550	530	27	1,96	-	1,3	2,8	6,0
21	150	400	500	450	519	25	2,02	-	0,8	1,8	6,5
22	160	400	500	450	530	27	1,95	-	1,4	3,3	6,8
23	170	380	400	520	540	27	1,99	-	1,5	3,9	7,2
24	170	350	350	470	580	30	1,91	0,9	1,5	3,1	6,7
25	177	443	492	345	540	27	2,00	-	1,5	3,5	7,9
26	180	340	410	420	570	29	1,92	1,5	1,9	2,4	7,4
27	180	280	500	500	490	25	1,97	0,9	1,7	3,4	7,2
28	184	358	615	358	530	26	2,00	-	1,0	2,9	7,6
29	185	460	510	360	505	25	2,02	-	2,2	4,8	9,7
30	190	477	530	370	494	24	2,06	-	1,5	4,5	8,0
31	192	390	480	390	572	28	2,01	-	1,6	5,8	7,1
32	194	533	388	388	580	28	2,08	-	1,4	2,0	5,2
33	195	390	490	390	500	26	1,97	-	1,3	3,9	8,1
34	200	350	600	350	500	25	2,00	-	1,2	2,9	8,4
35	200	400	400	450	520	26	2,00	-	0,8	3,7	7,8
36	204	357	612	358	510	25	2,04	-	3,3	5,9	9,4
37	207	415	520	520	520	26	1,97	-	0,9	1,4	2,2
38	210	330	330	460	580	30	1,91	1,1	1,5	3,5	6,9
39	210	270	470	470	550	28	1,98	1,9	3,6	6,4	9,1
40	210	400	450	450	520	26	2,00	-	2,1	4,9	8,3
41	217	260	435	520	550	28	1,98	0,8	1,5	2,6	5,9
42	220	400	500	400	538	27	1,98	-	1,2	3,3	6,6
43	240	350	400	600	513	24	2,14	-	1,7	4,7	6,4
44	240	400	500	500	-	-	-	-	0,9	3,0	5,3
45	250	350	400	600	470	23	2,05	-	2,2	5,6	7,1
46	250	400	500	400	518	25	2,05	-	1,6	4,5	9,1
47	255	410	410	510	510	23	2,05	-	3,7	7,6	10,0
48	260	400	500	500	520	26	2,00	-	2,1	8,0	9,0
49	280	400	450	500	460	20	2,20	1,5	-	5,9	9,4
50	60	400	400	600	506	24	2,11	-	-	1,5	3,0

На основании проведенных исследований с различными материалами и установления требований нормативной прочности закладки для различных систем разработки месторождений был произведен выбор составов закладочных смесей для промышленного применения.

#### 4. ПРОМЫШЛЕННЫЕ СОСТАВЫ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Рекомендуемые для применения составы твердеющих VI групп закладочных смесей разделены на следующие группы:

*I группа* – твердеющие смеси на основе ангидрита, гранулированного шлака и цемента (АШЦ-составы, табл. 22, рис. 1).

*II группа* – твердеющие смеси на основе ангидрита, гранулированного шлака, цемента и щебня карьера «Скальный» (АШЦЩ-составы при подаче цемента в мельницу, табл. 23, рис. 2).

*III группа* – твердеющие смеси на основе ангидрита, гранулированного шлака, цемента и щебня карьера «Скальный» (АШЦЩ-составы при подаче цемента в лоток узла выбора бетоноводов, табл. 24, рис. 3).

*IV группа* – твердеющие смеси на основе шлака, цемента и щебня карьера «Скальный» (ШЦЩ-составы, табл. 25, рис. 4).

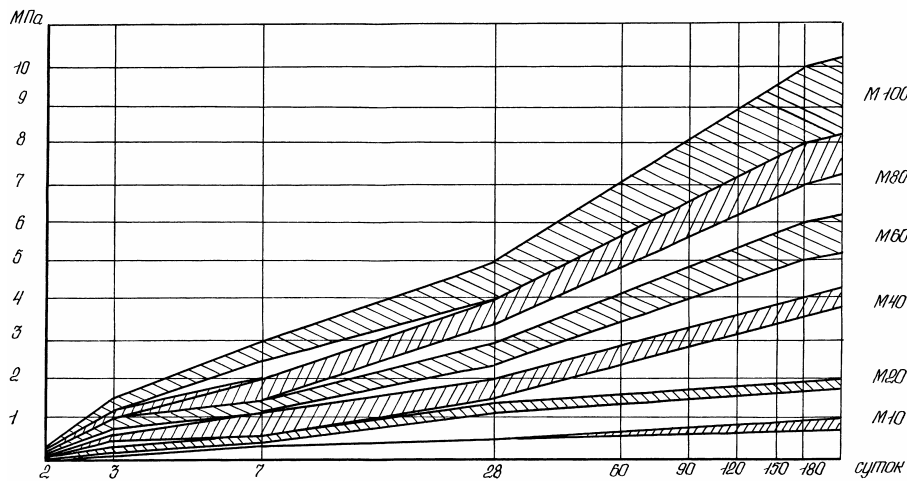


Рис. 1. Характер твердения ангидрито-шлако-цементных составов

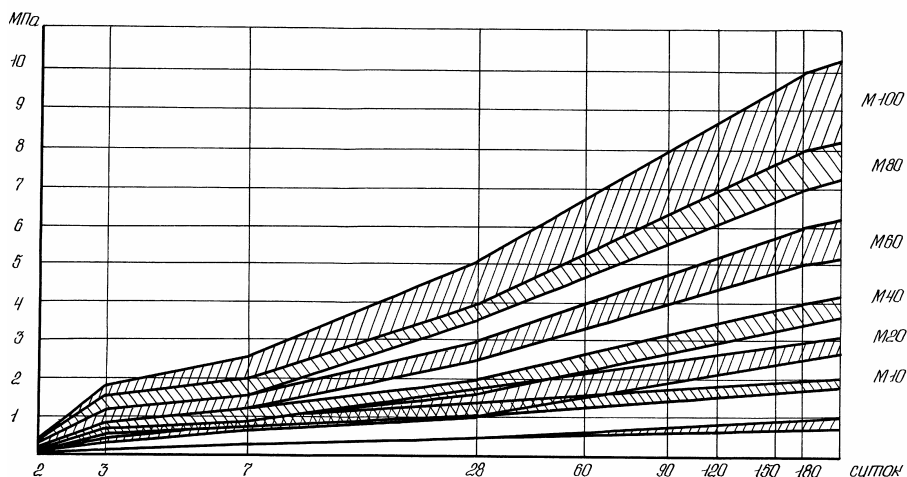


Рис. 2. Характер твердения ангидрито-шлако-цементных составов со щебнем при подаче цемента в мельницу

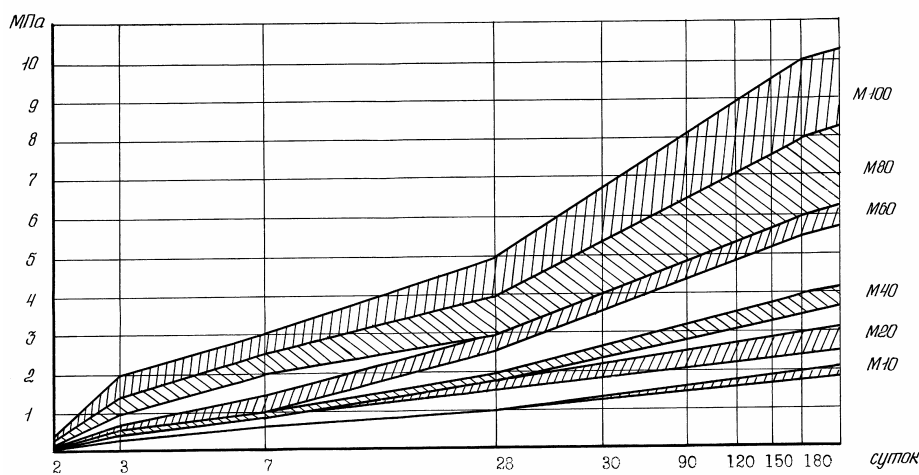


Рис. 3. Характер твердения ангидрито-шлако-цементных составов со щебнем при подаче цемента в лоток смесителя

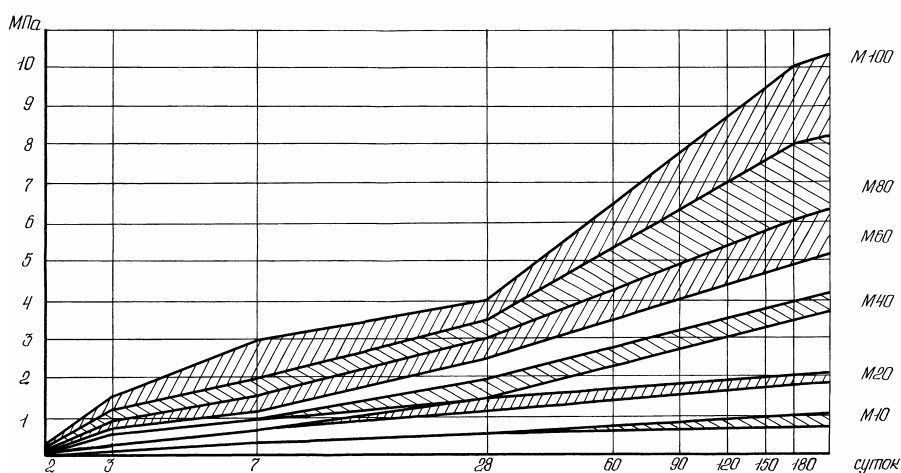


Рис. 4. Характер твердения шлако-цементных составов со щебнем

*V группа* – твердеющие смеси на основе щебня карьера «Скальный» и цемента (ЩЦ-составы, табл. 26, рис. 5).

*VI группа* – твердеющие смеси на основе ангидрита, гранулированного шлака, щебня карьера «Скальный» и нефелинового шлама АГК (НАЩЦ-составы, табл. 27, рис. 6).



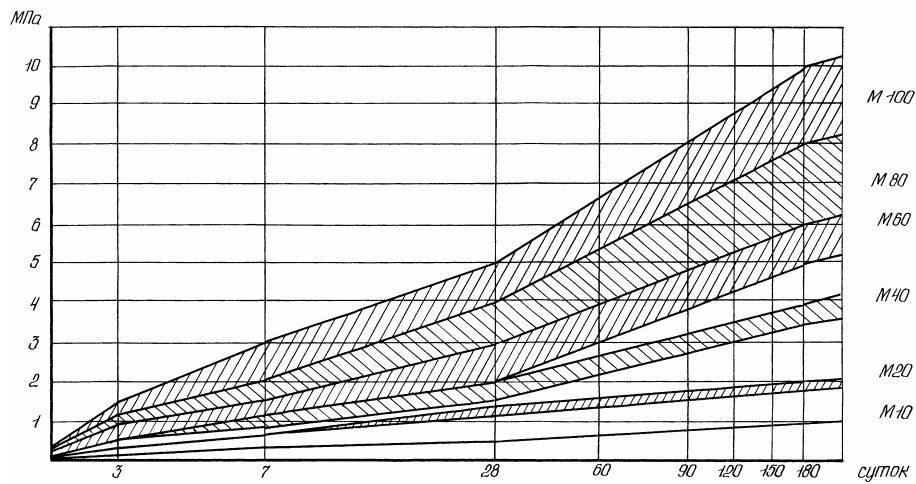


Рис. 5. Характер твердения цементно-щебеночных составов

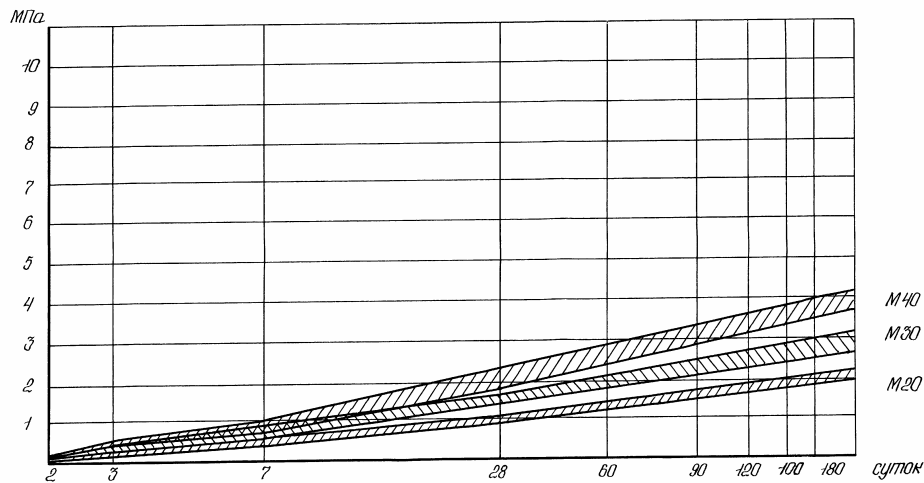


Рис. 6. Характер твердения ангидрито-шлако-щебеночных составов с нефелиновым шламом

Таблица 22

Ангидрито-шлако-цементные составы

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Плотность смеси $\gamma_{см}$ , г/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Цемент	Ангидрит	Граншлак	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M10	20-30 25	600-800 700	700-900 800	до 550	1,5-1,75	-	0,3	0,5	0,8-1,0
2	M20	35-45 40	600-800 700	700-900 800	«-»	«-»	0,2-0,3	0,4-0,5	1,2-1,4	1,8-2,0
3	M40	50-70 60	600-800 700	700-900 800	«-»	«-»	0,5-0,6	0,5-1,2	1,6-2,0	3,5-4,0
4	M60	70-90 80	600-800 700	700-900 800	«-»	«-»	0,8-1,0	1,2-1,5	2,5-3,0	5,0-6,0
5	M80	90-110 100	600-800 700	700-900 800	«-»	«-»	1,0-1,2	1,5-2,0	3,5-4,0	7,0-8,0
6	M100	140-180 160	600-800 700	700-900 800	«-»	«-»	1,2-1,5	2,5-3,0	4,0-5,0	8,0-10,0

Таблица 23

Ангидрито-шлако-цементные составы  
со щебнем (подача цемента в мельницу)

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					Плотность смеси $\gamma_{\text{б}}$ , т/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Цемент	Ангидрит	Шлак	Щебень	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M10	40-60 50	300-500 400	400-600 500	400-600 500	до 550	1,4-1,6	-	0,3	0,5	0,8-1,0
2	M20	60-80 70	300-500 400	400-600 500	400-600 500	«-»	«-»	0,3-0,4	0,7-0,9	1,2-1,4	1,8-2,0
3	M30	70-90 80	300-500 400	400-600 500	400-600 500	«-»	«-»	0,5-0,6	0,8-0,9	1,2-1,8	2,5-3,0
4	M40	90-110 100	300-500 400	400-600 500	400-500 450	«-»	«-»	0,6-0,8	0,9-1,2	1,6-2,0	3,5-4,0
5	M60	140-160 150	300-500 400	400-600 500	400-500 450	«-»	«-»	0,8-1,2	1,2-1,5	2,5-3,0	5,0-6,0
6	M80	190-210 200	300-500 400	400-600 500	400-500 400	«-»	«-»	1,2-1,5	1,5-2,0	3,5-4,0	7,0-8,0
7	M100	230-260 240	300-500 400	400-600 500	300-400 350	«-»	«-»	1,5-1,8	2,0-2,5	4,0-5,0	8,0-10,0

Таблица 24

## Ангидрито-шлако-цементные составы со щебнем (подача цемента в лоток смесителя)

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					Плотность смеси $\gamma_{\text{б}}$ , т/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Цемент	Ангидрит	Граншлак	Щебень	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M20	75-85 80	300-500 400	400-600 500	400-600 500	до 550	1,4-1,5	0,3	0,6	1,0	1,8-2,0
2	M30	90-110 100	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	0,4	0,9	1,5-1,8	2,5-3,0
3	M40	135-145 140	«-»	«-»	350-550 450	«-»	«-»	0,4-0,5	0,9-1,0	1,8-2,0	3,5-4,0
4	M60	175-185 180	«-»	«-»	300-500 400	«-»	«-»	0,5-0,7	1,0-1,4	2,5-3,0	5,5-6,0
5	M80	200-220 210	«-»	«-»	«-»	«-»	«-»	1,0-1,4	2,0-2,5	3,0-4,0	6,0-8,0
6	M100	240-260 250	«-»	«-»	300-400 350	«-»	«-»	1,4-2,0	2,5-3,0	4,0-5,0	8,0-10,0

Таблица 25

## Шлако-цементные составы со щебнем

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Плотность смеси $\gamma_{\text{б}}$ , т/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Цемент	Граншлак	Щебень	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M10	110-130 120	600-800 700	500-700 600	до 580	1,4-1,5	-	0,3	0,5	0,8-1,0
2	M20	140-160 150	600-800 700	500-700 600	«-»	«-»	0,3	0,7	1,2-1,4	1,8-2,0
3	M40	190-210 200	600-800 700	500-700 600	«-»	«-»	0,5	0,9	1,4-2,0	3,5-4,0
4	M60	240-200 250	600-800 700	400-600 500	«-»	«-»	0,8-1,0	1,2-1,5	2,5-3,0	5,0-6,0
5	M80	310-330 400	600-800 700	300-500 400	«-»	«-»	1,0-1,2	1,5-2,0	3,0-4,0	6,0-8,0
6	M100	350-370 360	600-800 700	300-500 400	«-»	«-»	1,2-1,5	2,0-3,0	3,5-4,0	8,0-10,0

Таблица 26

Составы на основе щебня и цемента

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>			Плотность смеси $\gamma_{\text{б}}$ , т/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Цемент	Щебень	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M10	110-130 120	1000-1300	до 600	1,3 -1,4	-	до 0,3	до 0,5	до 1,0
2	M20	140-160 150	1000-1300	«-»	«-»	0,3	0,7	1,2-1,4	1,8-2,0
3	M40	190-210 200	1000-1300	«-»	«-»	0,5	0,8-1,2	1,5-2,0	3,5-4,0
4	M60	240-260 250	1000-1300	«-»	«-»	0,5-1,0	1,2-1,5	2,0-3,0	5,0-6,0
5	M80	290-310 300	1000-1300	«-»	«-»	1,0-1,2	1,5-2,0	3,0-4,0	6,0-8,0
6	M100	350-450 400	1000-1300	«-»	«-»	1,2-1,5	2,0-3,0	3,0-5,0	8,0-10,0

Таблица 27

Составы на основе ангидрита, гранулированного шлака, щебня и нефелинового шлама

№ п/п	Марка	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>					Плотность смеси $\gamma_{\text{б}}$ , т/м <sup>3</sup>	Контрольная характеристика прочности, МПа			
		Нефелиновый шлам	Ангидрит	Шлак	Щебень	Вода		3 сут.	7 сут.	28 сут.	180 сут.
1	M20	190-210 300	100-200 150	450-550	450-550	до 550	1,4-1,5	0,2-0,3	0,4-0,6	0,9-1,1	1,9-2,0
2	M30	300-500 400	100-200 150	450-550	450-550	«-»	«-»	0,3-0,4	0,6-0,8	1,4-1,6	2,5-3,0
3	M40	400-600 500	100-200 150	400-500	400-500	«-»	«-»	0,4-0,5	0,7-0,9	1,8-2,2	3,5-4,0

*Примечание.* Соотношение ангидрита к нефелиновому шламу принято на основании рекомендаций ГМОИЦ (сообщение ЛЗР1-92).

Все твердеющие закладочные смеси в группах разделяются по маркам прочности M10, M20, M30, M40, M60, M80, M100.

Расход компонентов, контрольные прочностные характеристики во времени по группам и маркам представлены в табл. 22-27 и на рис. 1-6.

## 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА РУДНИКАХ

Технология производства закладочных смесей на каждом комплексе (ПЗК) предусматривает совмещение в одном помольном агрегате (мельнице любого типа) функций помола и перемешивания компонентов смеси, что позволяет использовать материалы по гранулометрическому составу от 0 до +50 мм и обеспечивать высокое качество их перемешивания.

Гранулометрический состав исходного сырья по данным определений перед подачей в мельницу представлен в табл. 28.

Таблица 28

Наименование остатков, %	Размер фракций сит, мм									
	+40	+20	+10	+5	+2,5	+1,25	+0,63	+0,315	+0,14	-0,14
Ангидрит	20	14-29	14-17	13-24	9-10	5-6	2-3	2-3	3-6	9
Граншлак	-	-	2-4	7-13	16-22	20-26	17-19	16	7	3-4
Щебень мелкий	-	46	30	10	5	2	1,5	1,5	1	3
Щебень крупный	28	69	2	0,5	0,5	-	-	-	-	-

### Режим работы ПЗК рудников

Режим работы закладочных комплексов на каждом руднике определяется помольными мощностями и объемами производства закладки. Характеристика комплексов по технологическому оборудованию, время работы (фактическое за 1988 г.) и средняя часовая производительность комплексов представлены в табл. 29.

Основной контрольной характеристикой измельчения является тонкость помола, определяемая по остатку на сите  $-0,08$  мм. Тонкость помола смеси в применяемых составах закладки приведена ниже.

Таблица 29

Рудники	Кол-во часов в год	Кол-во рабочих дней в год	Кол-во часов работы в сутки	Производительность комплексов, м <sup>3</sup> /час	Объем производительности закладки в год
Октябрьский	4947	360	13,7	263	1300,0
Комсомольский	3648	280	13,0	151	550,4
Таймырский	4256	306	13,9	97	412,5
Маяк	4295	250	17,1	88	378,0

Гранулометрический состав мельничного продукта для состава АПЩЩ марки 100 характеризуется следующими показателями:

– для короткой рудной мельницы (р-к «Таймырский»)

Размер частиц, мм	+5	+2,5	+1,25	+0,63	+0,315	+0,14	+0,08	-0,08
Остаток на сите, %	17,5	2,0	2,0	5,0	12,0	19,0	16,5	26,0

– для трубной мельницы (р-к «Комсомольский»):

Размер частиц, мм	+5	+2,5	+1,25	+0,63	+0,315	+0,14	+0,08	-0,08
Остаток на сите, %	–	0,5	0,5	1,0	6,0	34,0	15,0	43,0

После мельницы закладочная смесь поступает по трубам или желобам в шахтные трубопроводы. Такой состав закладочной смеси транспортабелен по трубам на расстояние до 3,5 км и практически исключает закупорку трубопроводов. Цемент в мельницу подается в виде пульпы, приготовленной в репульпаторах различной конструкции.

Ниже приводится описание технологических схем приготовления закладки на каждом закладочном комплексе.

**ПЗК рудника «Октябрьский».** Схема ПЗК предусматривает работу трех мельниц.

Снабжение материалами производится автомобильным и железнодорожным транспортом. Материал хранится на открытых площадках. Подача материалов производится бульдозерами. Из склада ангидрит подается в приемный бункер, оттуда дозаторами КТ-12 и транспортером в молотковую дробилку. В дробилке производится дробление до класса (30+50 мм), после чего подается транспортером в расходные бункера помольно-смесительного отделения (ПСО).

Граншлак из приемного бункера дозаторами КТ-12 и транспортером подается в бункера ПСО и поступает в мельницы. Щебень из приемного бункера с помощью дозаторов КТ-12 и транспортера подается в бункера ПСО и поступает в мельницу. Цемент из расходных силосов дозатором СБ-71 дозируется и поступает в репульпатор, где происходит его перемешивание с водой, после чего цементный раствор с помощью насоса поступает в мельницы.

Проходя через мельницу, смесь измельчается и перемешивается с цементным раствором. Из мельницы по лотку смесь поступает в бетоновод.

**ПЗК рудника «Комсомольский».** Доставка компонентов на ПЗК осуществляется автомобильным и железнодорожным транспортом в закрытые складские помещения. Из склада ангидрит подается в приемный бункер, шлак и щебень поступают в свои бункера, которые находятся над галереей, и из приемного бункера через питатели КТ-12 поступают на транспортеры с ангидритом и в молотковую дробилку. После дробления вся смесь направляется в мельницы.

**ПЗК рудника «Таймырский»** представляет собой углубленное в землю сооружение с тремя идентичными подготовительно-измельчительными закладочными цепочками, каждая из которых может работать автономно, не исключая совместную работу всего комплекса. Предусмотрена возможность приготовления закладочной смеси одной, двумя или тремя цепочками.

Снабжение материалами производится автомобильным и железнодорожным транспортом. Доставленный материал складывается перед зданием ПЗК на открытых площадках. Складирование осуществляется бульдозером. Загрузка компонентов в приемные бункера ПЗК ведется через решетчатые грохоты с ячейкой (300×300 мм) ПДМ типа КССМ-12. Бункера предназначены для каждого из компонентов (ангидрит, шлак, щебень) с целью исключения их перемешивания.

Из приемного бункера ангидрит питателем качающегося типа КТ-8 дозируется, подается в дробилку класса (30+50 мм) и поступает на сборный конвейер.

Граншлак и щебень из индивидуальных бункеров электровибропитателями ПТ-196, минуя стадии дробления, дозируются и подаются на сборный конвейер и дальше совместно с ангидритом попадает на измельчение в мельницу МШР 4,5×5,0 м. Цемент из силосов с помощью дозатора СБ-71М подается в репульпатор, где производится его перемешивание с водой и далее направляется в мельницу.

**ПЗК рудника «Маяк»** работает на базе бетонного завода. Снабжение материалами производится автомобильным и железнодорожным транспортом. Доставленный материал выгружается и складывается в закрытые складские помещения. Из них ангидрит конвейером подается в молотковую дробилку, через распределитель поступает в приемные бункера, затем через весовые дозаторы непрерывного действия по транспортерам направляется в мельницу. Щебень распределительным устройством и конвейерами загружается в приемные бункера, после чего дозируется и подается в мельницу. Граншлак, минуя стадию дробления, поступает в приемные бункера, а из них через дозаторы в мельницу. Цемент из приемных силосов дозатором СБ-71М подается в репульпатор, где производится его перемешивание с водой, после чего цементный раствор направляется в мельницу. В процессе прохождения компонентов смеси через мельницу идет интенсивное измельчение и перемешивание.

Применение нефелинового шлама по технологическим возможностям закладочного комплекса рудника «Маяк» практически невозможно.

Характеристики закладочных комплексов рудников по технологическому оборудованию представлены в табл. 30.

Таблица 30

№ п/п	Наименование оборудования	ПЗК рудников			
		«Октябрьский»	«Комсомольский»	«Таймырский»	«Маяк»
1	Складское хозяйство (тип склада) Количество траншей Подача материалов	Откр. транш. 3 Бульдозер	Закр. транш. 3 Бульдозер	Откр. без транш. – СДМ	Закр. транш. 2 Бульдозер
2	Количество линий подачи материала на мельницы	1	1	3	1
3	Количество мельниц	3	2	3	1
4	Тип мельниц	2×4×13,5 1×4,5×5,0	2×4×13,5	3×5,5×6,0	1×3,2×15

Кол-во и тип дробилок Производительность мельниц	1 молотковая	2 молотковых	3 роторных	1 молотковая
3,2×15	-	-	-	До 100 м <sup>3</sup> /час
4×13,5	200	200	-	-
4,5×5,0	до 100	-	-	-
5,5×6,0	-	-	100	-

Планируемые объемы закладки на 1989 г. по составам и маркам для рудника «Октябрьский» представлены ниже.

#### Расчет потребности материалов на закладку по руднику «Октябрьский» на 1989 г.

Закладка пустот – 1350 тыс. м <sup>3</sup>		
Приготовление закладочной смеси – 1417 тыс. м <sup>3</sup>		
АШЦ 100 – 210 тыс. м <sup>3</sup>		
Цемент	0,16×210 = 33,6 тыс.т	
Ангидрит	0,65×210 = 137 тыс.т	
Шлак	0,75×210 = 158 тыс.т	
АШЦЦ 100 – 300 тыс.м <sup>3</sup>		
Цемент	0,25×300 = 75 тыс.т	
Ангидрит	0,35×300 = 105 тыс.т	
Шлак	0,5×300 = 150 тыс.т	
Щебень	0,45×300 = 135 тыс.т	
АШЦЦ 40 – 857 тыс.м <sup>3</sup>		
Цемент	0,12×857 = 102,9 тыс.т	
Ангидрит	0,32×857 = 274 тыс.т	
Шлак	0,5×857 = 428 тыс.т	
Щебень	0,55×857 = 472 тыс.т	
ШЦЦ 40 – 50 тыс.м <sup>3</sup>		
Цемент	0,2×50 = 10 тыс.т	
Шлак	0,65×50 = 33 тыс.т	
Щебень	0,5×50 = 25 тыс.т	
Всего материалов – 2138,5 тыс.т		
Расход на 1 м <sup>3</sup> (кг):		
	Пустот	Смеси
Цемент	164	156,3
Ангидрит	382	364
Шлак	570	543
Щебень	468	446
Всего	1584	1509

### 6. ВЫБОР СОСТАВОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ

Выбор состав закладочной смеси для приготовления твердеющей закладки определяется на основании:

- нормативных требований прочности;
- контрольных прочностных характеристик выбираемого состава;
- наличия материалов;
- технологической возможности закладочного комплекса.

Выбор состава твердеющей и закладочной смеси производится в следующей последовательности:

- 1) на основании проекта или паспорта на закладку выработки устанавливается нормативная прочность;
- 2) по нормативной прочности устанавливается марка закладки и требуемая контрольная прочностная характеристика состава;

3) из условия технологических возможностей и наличия материалов выбирается группа и конкретный состав закладочной смеси с учетом времени твердения закладки до ее обнажения.

По выбранному составу определяется расход компонентов на 1 м<sup>3</sup> приготовления закладочной смеси и производительность мельниц. Технологические нормы расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> пустот определяются с учетом дополнительных 5% расходов на усадку закладочной смеси и компенсацию технологических потерь (промывка оборудования и трубопроводов).

Технология приготовления закладочных смесей на ПЗК рудников одинаковая. Различие заключается только в компоновке и марке оборудования: на ПЗК рудника «Таймырский» установлены короткие рудные мельницы; на ПЗК рудников «Маяк», «Комсомольский» и «Октябрьский» – цементные мельницы. В табл. 31 представлены сводные объемы закладки по типам смесей и маркам прочности.

Таблица 31

Наименование	Ед. изм.	РО	РК	РТ	РМ	Всего по ГРУ
Производство закладочной смеси, всего	тыс.м <sup>3</sup>	1417	683	480	378	2958
АЩЦ	-//-	210	140	70	260	680
АЩЩЦ	-//-	1157	515	310	118	2100
ЩЦ	-//-	50	28	80	-	158
ЩЦ	-//-	-	-	20	-	20
M100	-//-	510	140	240	40	930
M80	-//-	-	-	-	120	120
M60	-//-	-	60	-	168	228
M40	-//-	907	455	240	50	1652
M20	-//-	-	28	-	-	28

Мельничный способ приготовления закладочных смесей заключается в том, что все закладочные материалы (цемент, ангидрит, шлак, щебень, нефелиновый шлам) подаются непосредственно в мельницу. Исключением является ПЗК рудника «Комсомольский», где цементная пульпа может подаваться в лоток узла выбора бетоноводов, где смешивается со шламом мельницы.

Расчет затрат на материалы, производство закладочных смесей и закладку пустот представлен в табл. 32. Общие затраты на материалы по всем рудникам составили 40850 тыс. руб. в ценах 1989 г.

Затраты на производство закладки M10-M40 (без учета по руднику «Маяк») составляют 19960 тыс. руб. в ценах 1989 г.

Таблица 32

Рудник*	Наименование затрат	Закладка пустот, тыс.м <sup>3</sup>	Приготовление закладочной смеси, тыс.м <sup>3</sup>	Расход материалов				Затраты на материалы, тыс.руб.	Затраты на материалы, %
				Цемент	Ангидрит	Граншлак	Щебень		
РО	Количество, тыс.т.	1350	1417	221,5	516,0	769,0	632,0		
	Стоимость единицы, руб.	24,80	22,46	56,63	8,23	1,19	4,01		
	Стоимость всего, тыс. руб.	33480	31826	12544	4247	915	2534	20240	49,5
РК	Количество, тыс.т.	650	683	93,4	258,0	391,0	285,0		
	Стоимость единицы, руб.	29,17	26,25	52,68	8,27	1,48	3,92		
	Стоимость всего, тыс. руб.	18961	17929	4920	2134	579	1117	8750	21,4
РТ	Количество, тыс.т.	460	480	87,04	150,0	271	226,0		
	Стоимость единицы, руб.	27,16	24,39	53,2	8,34	1,14	4,01		
	Стоимость всего, тыс. руб.	12494	11707	4631	1251	309	906	7097	17,4
РМ	Количество, тыс.т.	360	378	45,6	206,0	257	61,0		
	Стоимость единицы, руб.	26,02	22,73	53,74	8,35	1,32	4,15		
	Стоимость всего, тыс. руб.	9367	8592	2451	1720	339	253	4763	11,7
Всего по ГРУ	Количество, тыс.т.	2820	2962	448	1130	1688	1204		
	Стоимость единицы, руб.	26,35	23,65	54,79	8,27	1,26	3,99		
	Стоимость всего, тыс. руб.	74302	70054	24546	9352	2142	4810	40850	100,0

---

\* РО – р-к «Октябрьский»; РК – р-к «Комсомольский»; РТ – р-к «Таймырский»;  
РМ – р-к «Маяк».



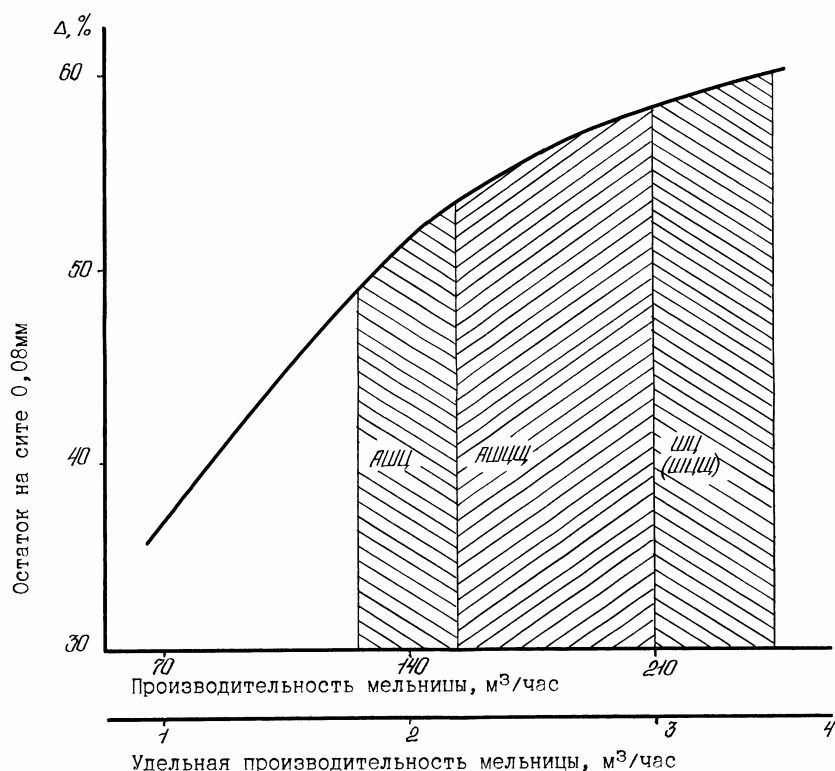


Рис. 8. Изменение тонкости помола от производительности мельницы

В целях повышения качества приготовления смеси, рекомендуется при остановке мельниц в межсменные перерывы не производить их промывку, а при возможности подачи в мельницу горячей воды довести температуру закладочной смеси до  $+25...+30^{\circ}\text{C}$ , что ускорит процесс твердения закладки в шахте.

Приготовление закладочных смесей с помощью мельницы производится в следующей последовательности:

- включают репульпатор и подают цементную пульпу в мельницу или лотки узла выбора бетоноводов;
- производят запуск мельниц;
- включают ленточные транспортеры подачи материалов в мельницу;
- устанавливают дозировку материалов на принимаемую производительность мельницы (допускается объемная или весовая дозировка материалов).

Проверяют параметры качества смеси по лабораторным пробам. Влажность смеси должна быть в пределах:

для АШЦ-составов	21-26%
АШЦЩ	до 28%
ШЩЩ	до 30%
ЩЩ	до 32%
НАШЩ	до 28%

Остановку технологии приготовления закладочных смесей производят в обратной последовательности.

## 7. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ

Закладочную смесь транспортируют в выработанное пространство по трубопроводам. Укладка трубопроводов и их оборудование осуществляют согласно техническим проектам или паспортам, утвержденным главным инженером рудника.

Параллельно закладочным трубопроводам укладывают трубопроводы сжатого воздуха и воды. Трасса закладочного трубопровода оборудуется телефонами. Соединение труб выполняется с помощью сварки или на фланцах.

Режим работы трубопроводного транспорта является самотечным, т.к. закладочная смесь транспортируется под действием напора, создаваемого весом столба смеси в вертикальном стае. При транспорте закладочной смеси по трубам для дополнительного ее побуждения возможно применение сжатого воздуха, подаваемого через пневмоврезки.

При движении смеси по трубам различают три характерные стадии движения:

I – при больших скоростях движения смеси по трубам обеспечивается неравномерное распределение частиц твердого материала по сечению, поток близок к турбулентному;

II – при скорости, близкой к критической, частицы твердого материала движутся во взвешенном состоянии;

III – при скорости меньше критической происходит выпадение частиц твердого материала.

*Критическая скорость* – это минимальная скорость потока смеси, соответствующая началу выпадения твердых частиц, которая зависит от консистенции смеси, диаметра трубопровода и производительности закладочного комплекса.

*Фактическая скорость* движения закладочной смеси по трубам создается производительностью комплекса и определяется диаметром трубопровода из выражения

$$V_{\text{факт.}} = 4Q/3600 \times \pi D^2,$$

где  $Q$  – производительность комплекса по закладочной смеси, м<sup>3</sup>/час;  $D$  – диаметр трубопровода, м.

На рис. 9 представлены зависимости критической и минимальной скоростей движения закладочной смеси от диаметра трубопровода, производительности комплекса и среднего размера частиц твердого материала в смеси при плотности несущей среды 1,5 т/м<sup>3</sup> (цементная пульпа).

При подаче закладочной смеси под коленом вертикального става создается давление, которое расходуется на преодоление сил сопротивления движению закладочной смеси закладочных горизонтов. Условия работы транспорта по закладке

$$P_B \geq P_r,$$

где  $P_B$  – давление под коленом вертикального става, МПа;  $P_r$  – потери давления на вентиляционно-закладочных горизонтах, МПа.

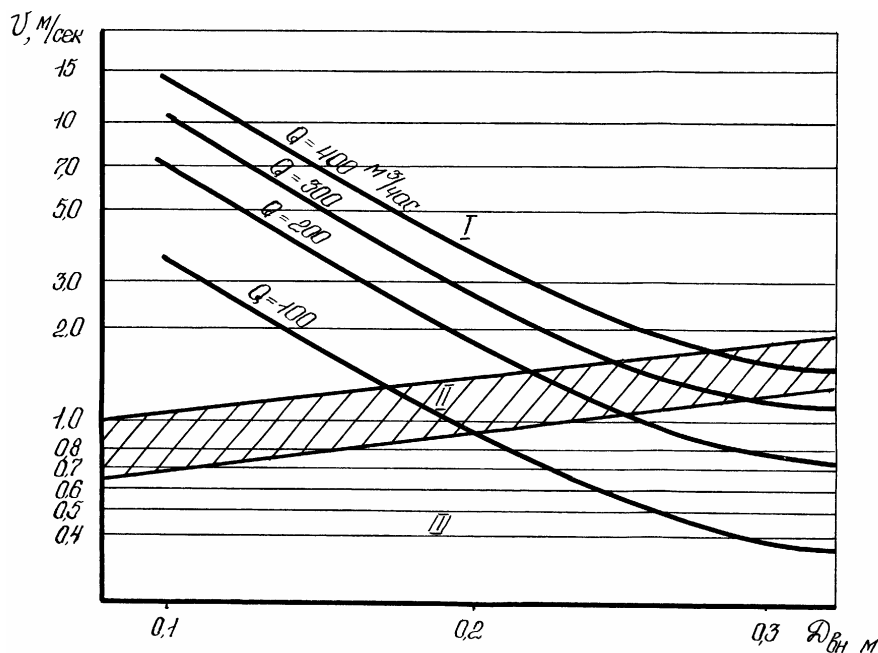


Рис. 9. Изменение скорости движения закладочных смесей в зависимости от производительности комплекса и диаметра трубопроводов: I – режим работы трубопровода выше критической скорости; II – режим работы трубопровода близкий к критической скорости; III – режим работы трубопровода ниже критической скорости

Давление под коленом вертикального става определяется из выражения

$$P_B = \gamma_{см} \times h / 100, \text{ МПа},$$

где  $\gamma_{см}$  – плотность смеси, т/м<sup>3</sup>;  $h$  – высота заполнения вертикального става, м; 100 – переводный коэффициент, МПа.

Потери давления или силы сопротивления движению смеси по трубам на горизонтальных и наклонных участках определяются из выражения

$$P_T = \Delta P \times l_T + (\Delta P \times l_H \pm \gamma_{см} \times l_H \times \sin \alpha / 100), \text{ МПа},$$

где  $\Delta P$  – удельное сопротивление движению смеси по трубопроводу, МПа;  $l_T$ ,  $l_H$  – длина горизонтального и наклонного участков трубопровода, м;  $\alpha$  – угол наклона трубопровода к горизонту, град.

В выражении  $\gamma_{см} \times l_H \times \sin \alpha / 100$  знак «+» имеет значение при подаче смеси вверх относительно горизонтального участка и знак «-» при подаче смеси вниз.

Давление, возникающее под коленом вертикального става должно быть больше суммы сил сопротивления движению закладочной смеси по горизонтальным и наклонным участкам трубопровода:

$$\gamma h / 100 > \Delta P (l_T + l_H) \pm \gamma_{см} \times l_H \times \sin \alpha / 100.$$

По данным экспериментальных исследований удельное сопротивление движению закладочной смеси колеблется в пределах 150-1000 Па, в среднем составляя 300-400 Па.

На рис. 10 представлена номограмма для определения параметров транспорта закладочных смесей в зависимости от схемы транспорта (рис. 11) производительности закладочного комплекса, дальности подачи закладочной смеси.

Контроль за трубопроводным транспортом осуществляется в шахте постовым закладочного участка.

После прекращения подачи закладочной смеси трубопровод должен быть очищен путем промывки водой или водо-воздушной смесью. Промывку закладочного трубопровода производят фиксированным количеством воды, которое определяется опытным путем (8-10 м<sup>3</sup>).

### 8. ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА. ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРОЧНОСТИ

Закладка выработанного пространства при системах разработки со сплошным порядком выемки является неотъемлемой технологической операцией в едином цикле по отработке запасов руды в пределах выемочных единиц (камер, лент, временных межленточных целиков, рудных откосов и т.п.).

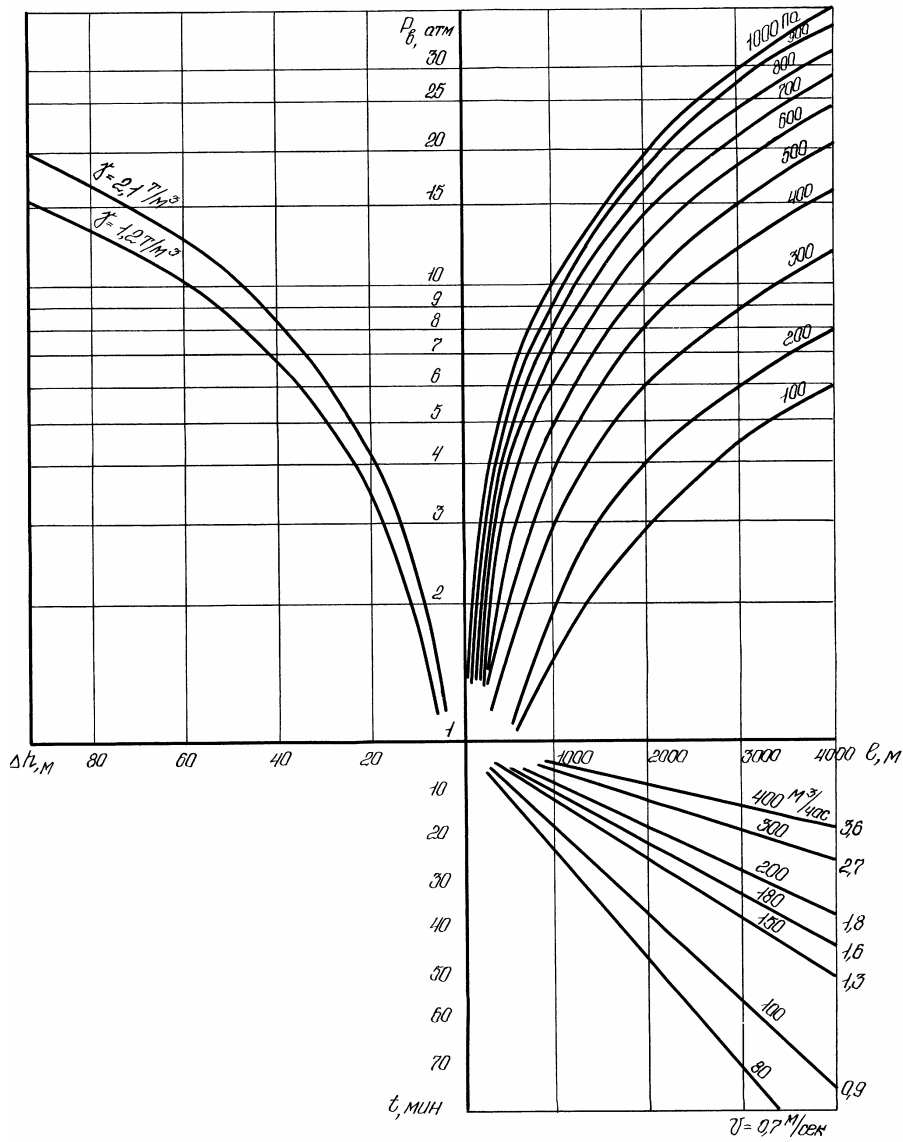


Рис. 10. Номограмма для определения параметров трубопроводного транспорта

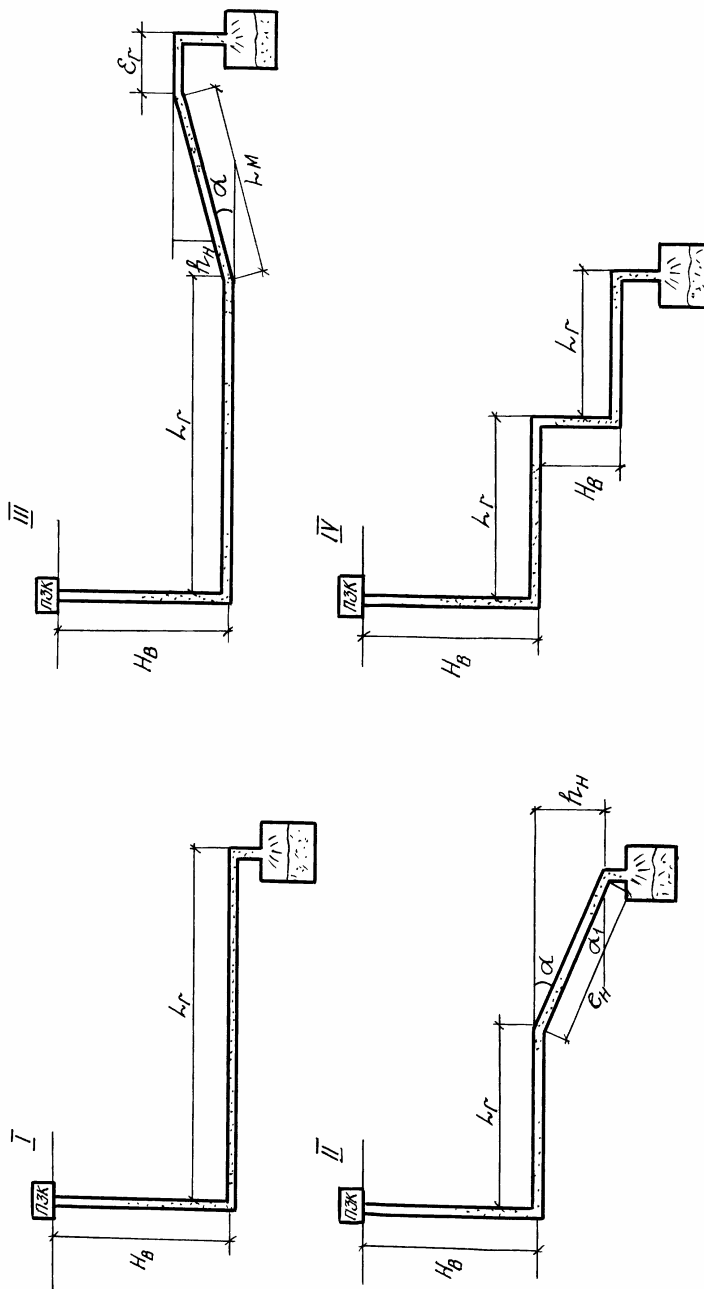


Рис. 11. Схемы трубопроводного транспорта закладочных смесей

Общий порядок закладки пустот конкретных выемочных единиц предусматривается в проектах на их отработку. В проектах на отработку должны содержаться следующие основные сведения в части закладки выработанного пространства:

1. Объемы (или уровни высотных отметок) закладки и подачи смесей по маркам прочности в соответствии с нормативными требованиями прочности к видам обнажений закладочно-го массива для данного порядка выемки.

Подача закладочных смесей из сети магистральных и участковых трубопроводов может осуществляться:

- через закладочные скважины, специально пробуренные из выработок вентиляционно-закладочного горизонта;
- вентиляционные восстающие, скаты, лотки, траншеи или через специальные сбойки пустот с подъетажными выработками.

Количество скважин и оборудование мест подачи закладки выбирается с учетом обеспечения максимальной полноты заполнения выработанного пространства.

При закладке полностью изолированных пустот место подачи закладки должно быть оборудовано приспособлением для отвода вытесняемого из пустоты воздуха (трубы, скважины).

2. Готовность пустот к закладке определяется комиссией, назначаемой из числа инженерно-технических работников геолого-маркшейдерских служб добычного и закладочного участков. В акте готовности (сдачи-приемки) пустот к закладке должны быть указаны:

- площадные и объемные параметры закладочного пространства;
- объемы предохранительной подсыпки из рудной мелочи для массивов, обнажаемых снизу;
- дополнительные мероприятия по предотвращению прорывов закладочной смеси через перемычки в действующие рудоспуски (контрфорсная подсыпка перемычек, предохранительные валы, прудки-отстойники);
- способы улавливания и отвода дренируемой воды;
- порядок заполнения пустот по уровень перемычек.

Сохранение выработок от закладки осуществляется с помощью перемычек. Типы и конструкции перемычек выбираются в соответствии с утвержденными на рудниках паспортами.

Каждая перемычка должна быть оборудована фильтрующим элементом для отвода дренируемой воды из массива закладки. На период заполнения выработанного пространства по верхний уровень перемычек оборудуется наблюдательный пост с прямой телефонной связью с узлом подачи смеси. В обязанности постового входит контроль состояния перемычек и своевременная подача сигнала при аварийном прекращении подачи закладки.

Определение объемов подачи смесей различных по маркам прочности (разнопрочная закладка) производится на стадии составления локального проекта на отработку и закладку.

Для закладки пустот, образованных при камерных системах разработки со сплошным порядком выемки  $K_2$  (рис. 12) с временным оставлением запасов руды в днище камеры (РО), назначение марки закладки в объеме пространства  $V_1$  производится в соответствии с требованиями нормативной прочности для проектируемых параметров  $B$  и  $h$  с учетом продолжительности периода твердения до начала работ по выемке запасов днища. Для остальной части объема камеры марка закладки назначается с учетом времени набора прочности до требуемых значений при обнажении закладочного массива по высоте смежной камерой  $K_3$ .

Для погашения пустот, образованных при выемке запасов руды в днище камер (РО на рис. 12), марка закладки назначается с учетом сроков до начала отработки панельных целиков и параметров очистных забоев.

При закладке пустот, образованных отработкой участков залежей по камерно-целиковой схеме с плоским днищем, нижнюю часть выработанного пространства междукамерных целиков (вторичных камер МКЦ на рис. 12) до уровня выше перемычек на 1,5-2,0 м закладывать смесями, обеспечивающими прочность не менее 5 кг/см<sup>2</sup> к моменту демонтажа перемычек. Остальное пространство МКЦ закладывается смесями с маркой прочности, учитывающей период твердения закладки до начала выемки панельных целиков с проектными параметрами.

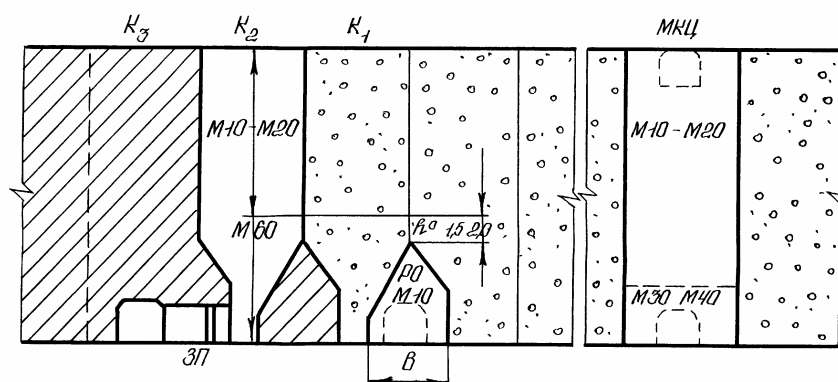


Рис. 12. Определение объемов разнопрочной закладки на примере отработки запасов руды сплошной камерной ( $K_1 - K_3$ ) и камерно-целиковой (МКЦ) схемам очистной выемки:  
РО – рудный откос; ЗП – закладочная перемычка

Пустоты, не соприкасающиеся с рудными массивами и не подлежащие впоследствии вскрытию или обнажению, можно закладывать бесцементными смесями. Обязательным условием применения бесцементных смесей является наличие дренажной системы для обезвоживания закладки.

На рис. 12 показана примерная (типовая) схема определения объемов разнопрочной закладки для пустот, образуемых при сплошном камерном и камерно-целиковом порядках выемки руды.

При закладке пустот, образуемых отбойкой руды в лентах слоями в восходящем порядке с оставлением технологического пространства, поверхность закладываемого слоя формируют из смесей, обеспечивающих набор прочности не менее 1 МПа (10 кг/см<sup>2</sup>) к моменту возобновления работы самоходного оборудования. Объем смеси для создания упрочненной поверхности слоя определяют, исходя из площадных размеров закладываемого слоя и толщины покрытия, принимаемой не менее 0,5 м.

Нижнюю (основную) часть слоя закладывать смесью с марочной прочностью, обеспечивающей достижение нормативных требований к реальным срокам обнажения со стороны смежной ленты. По опыту Талнахских рудников, применяющих способы отбойки руды слоями снизу вверх, начало отбойки руды в смежной ленте с обнажением закладочного массива на высоту 7-8 м (рис. 13, лента 2) допускается к моменту превышения высоты закладки в предыдущей ленте (рис. 13, лента 1) не менее 3,5 м.

На основании опыта рудников, применяющих отбойку руды слоями снизу вверх с закладкой выработанного пространства, требования к прочности закладки по всем видам обнажения ее для данного порядка выемки не превышают 1,0 МПа (10 кг/см<sup>2</sup>).

Ниже представлены составы закладки различных марок, дающие гарантированные значения прочности образцов-кубиков не менее 10 кг/см<sup>2</sup> в следующие сроки твердения:

Продолжительность периода, сут.	3	7	10	28	60	90	180	360 и более
Марка закладки	100	80	60	40	20	20	10	Бесцементные смеси АШ(Ш), НАШЦ

На рис. 13 представлена типовая схема формирования массива из разнопрочной закладки на примере отработки лент слоями в восходящем порядке с параметрами по высоте обнажения до 8-10 м.

Погашение пустот, не соприкасающихся с рудными элементами массива и не подлежащих вскрытию впоследствии, можно производить бесцементной закладкой. В качестве бесцементной закладки могут служить малопрочные составы АШ, АШЦ и составы на основе нефелинового шлама.

В пустотах, закладываемых слоями с нерегламентируемыми сроками твердения, допускается размещение пустых пород от проходки горных выработок, а также захоронение твердых продуктов рудничного хлама с обязательным условием перекрытия на 1 – 2 м цементной твердеющей смесью.

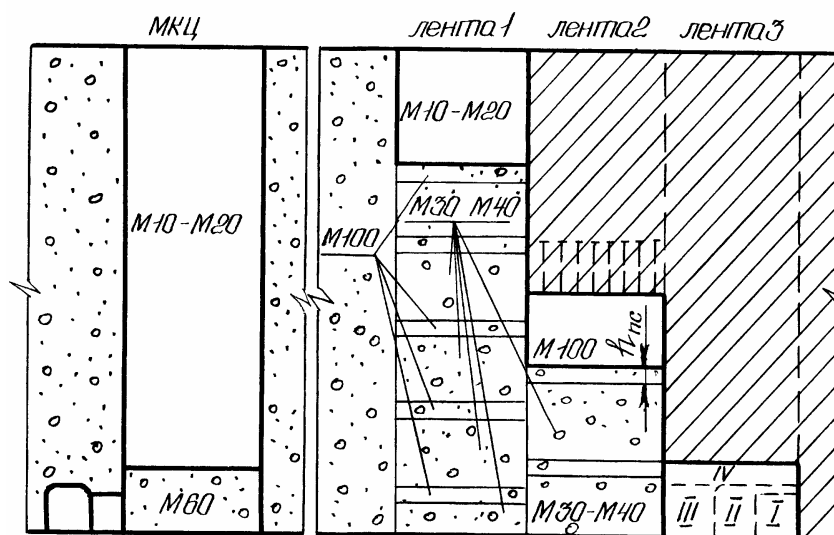


Рис. 13. Формирование искусственного массива разнопрочной закладкой на примере отработки лент в восходящем порядке выемки слоев и отработки МКЦ на всю мощность

### 8.1. Особенности формирования закладочных массивов, служащих кровлей очистных выработок

Несущий слой считается монолитным, если отсутствуют признаки расслоения и сегрегации заполнителей по длине ленты (слоя) и исключена возможность образования горизонтальной слоистости по высоте несущего слоя. Они имеют место при закладке обводненного пространства, образовании на поверхности отстойных прудков и выпадении в осадок илистых и глинистых частиц при прерывистом режиме закладки.

Монолитность несущего слоя может быть достигнута:

- формированием массива на всю высоту несущего слоя за один прием путем приведения в соответствие расчетного объема закладки производительности закладочного комплекса рудника за непрерывный период работы (ограничение площадных размеров пустот, секционная закладка по длине ленты и т.п.);
- удалением избыточной воды из свежеложенного массива закладки за период до начала схватывания твердеющей смеси или перед подачей новой порции закладки путем применения фильтрующих или дренажных систем;
- предотвращением попадания промывочной воды и продуктов промывки мельниц и бетоноводов в закладываемое пространство;
- включением в конструкции кровли вертикальных армирующих элементов для скрепления пачки прослоек в несущем слое.

Обязательным конструктивным элементом искусственной кровли, обнажаемой взрывными работами, является наличие предохранительной подсыпки из рудной мелочи на толщину 0,5 м между нижележащим рудным массивом и закладкой. Способ образования подсыпки и планировки рудной мелочи на почве слоя перед закладкой указывается в локальном проекте.

При поэтапном возведении массивов искусственной кровли путем последовательной проходки и закладки выработок защитного перекрытия (вприсечку друг к другу) стыковка нижних частей массивов закладки в пределах одного нижележащего слоя должна осуществляться на одном уровне по всей ширине и длине пролета нижележащей выработки.

Выдерживание уровней нижних отметок смежных массивов закладки, обнажаемых в последующем одним очистным забоем, может быть достигнуто соответствующей планировкой рудной мелочи по высотным отметкам, задаваемым маркшейдерской службой рудника (рис. 14, поз. А).



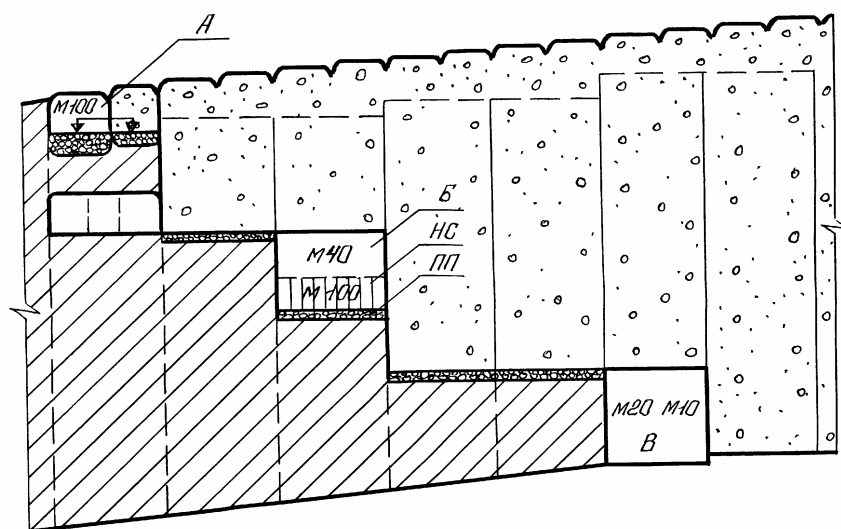


Рис. 14. Формирование закладочного массива при нисходящем порядке выемки: А – секционное возведение искусственной кровли в выработках защитного перекрытия; Б – закладка основных слоев; В – погашение пустот последнего слоя в ленте; НС – несущий слой; ПП – предохранительная подсыпка;

↑ ↑ – проектные отметки уровней подсыпки на стыке смежных выработок перекрытия

В процессе формирования нижнего несущего слоя искусственной кровли запрещается слив продуктов промывки бетоноводов в закладываемое пространство.

При закладке пустот, образуемых слоями сверху вниз, допускается применение разнопрочной закладки для заполнения пространства выше уровня высотных отметок несущего слоя по всей длине ленты (рис. 14, поз. Б). Погашение пустот по окончании отработки последнего слоя, не подлежащего в последующем обнажению снизу, следует производить смесями с марочной прочностью, достигающей нормативных требований к моменту обнажения данного слоя сбоку.

Примерная схема формирования закладочного массива при отработке участка залежи слоями сверху вниз на различных стадиях отработки представлена на рис. 14. На маломощных участках залежи в выработках, подлежащих закладке, допускается размещать пустую породу, отбитый закладочный бетон, твердый рудничный хлам или оставлять незаложенными пустоты при отработке смежных участков рудного тела (рис. 15) с целью выравнивания величин оседания подрабатываемой толщи над рудным телом переменной мощности.

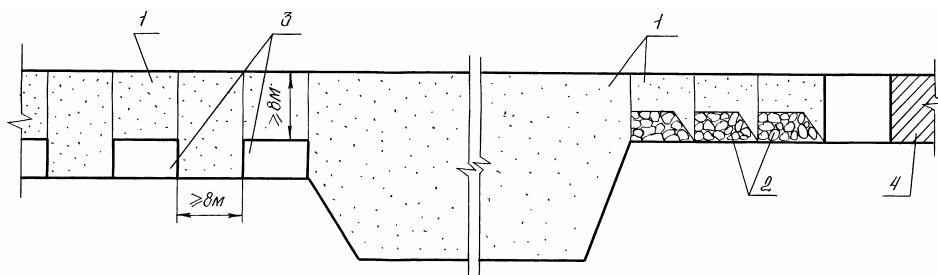


Рис. 15. Схема размещения пустой породы, отбитого бетона в выработках, подлежащих закладке, и формирования искусственного массива с оставлением пустот:

1 – формируемый закладочный массив из твердеющей закладки; 2 – пустая порода; 3 – пустоты; 4 – рудный массив

Порода, бетон и твердый хлам размещаются таким образом, чтобы впоследствии они не вскрывались горными выработками. Оставление незаложенных пустот при нисходящем порядке выемки слоев допускается только в почве рудного тела. При этом ширина разделяющих

пустоты искусственных целиков и высота искусственного массива над пустотой должны быть не менее 8 м.

Объемы размещения пород, бетона в выработках, подлежащих закладке, должны указываться в локальных проектах. Проекты, предусматривающие оставление незаложенных пустот, согласовываются с ВНИМИ и ГМОИЦ. Контроль заполнения выработанного пространства при нисходящем порядке выемки возлагается на маркшейдерскую службу рудника.

## **8.2. Армирование слоистой закладки в несущем слое искусственной кровли**

При слоистом строении закладочного массива условие монолитности (совместности деформаций) в пачке прослоек несущего слоя можно достигнуть введением в конструкцию кровли элементов арматуры.

В основу определения параметров армировки положены принципы штангования слоистого горного массива, где с учетом геометрических размеров обнажений основному определению подлежат глубина заделки арматуры и расстояние между элементами («шаг армировки»).

На основе опыта рудников в качестве основного материала арматуры следует применять сварные металлические сетки, например выпускаемые по ГОСТ 84 78-81 «Сетки сварные для армировки железобетонных конструкций».

При многообразии сортамента сварных сеток применению того или иного типа сеток по диаметру проволок и размерам ячеек должен предшествовать расчет основных параметров армировки:

- глубина заделки сетки по вертикали;
- расстояние между элементами («шаг армировки»);
- площадь сцепления ячеистой сетки с бетоном в объеме удерживающей плиты в нижнем (контактном) слое.

Критерием оценки надежности выбранных типов сетки и армировки в целом служат допускаемые напряжения, равные отношению предела прочности материалов к коэффициенту запаса прочности.

Конструктивно армировка может выполняться в виде:

- плоских полос сеток, устанавливаемых вертикально продольными или поперечными рядами относительно оси выработки;
- отдельно стоящих вертикальных трубчатых цилиндров;
- отдельно укладываемых полусфер с ориентировкой свободных концов сетки по вертикали.

Расчетные схемы работы арматуры для указанных типов конструктивных исполнений представлены на рис. 16.

При принятых постоянных значениях (глубина заделки сетки  $H = 1,5$  м, толщина удерживаемой плиты в нижнем слое  $h = 0,5$  м, плотность закладки  $\gamma = 2$  т/м<sup>3</sup>) расстояние между элементами арматуры  $a$  определяется из условий:

1) допускаемых напряжений в вертикальных металлических проволоках на разрыв от веса удерживаемой плиты, приходящегося на 1 п.м. выработки с коэффициентом запаса  $K = 3$  для плоских полос или полусферических элементов:

$$a \geq 10F_n / 1000, \text{ м,}$$

где  $F_n$  – суммарная площадь сечений вертикальных проволок, приходящихся на 1 п.м сетки, мм<sup>2</sup>; 10 и 1000 – переводные коэффициенты размерности.

Для отдельно стоящих вертикальных трубчатых элементов (цилиндров)  $a = e$ :

$$a \geq \sqrt{10} F_n / 1000, \text{ м;}$$

2) допускаемых напряжений в бетоне при работе на срез по плоскости сцепления с арматурой по высоте удерживаемой плиты, для плоских полос и горизонтально укладываемых полусфер:

$$a_1 \geq q_{сж} \times S_{сц} / 30 \times 1000, \text{ м,}$$

где  $q_{сж}$  – нормативная прочность закладки, кг/см<sup>2</sup>;  $S_{сц}$  – суммарная площадь поверхностей вертикальных и горизонтальных проволок в 1 п.м удерживаемой плиты, см<sup>2</sup>; 30 и 1000 – соответственно коэффициент перехода прочности при сжатии к прочности на срез.

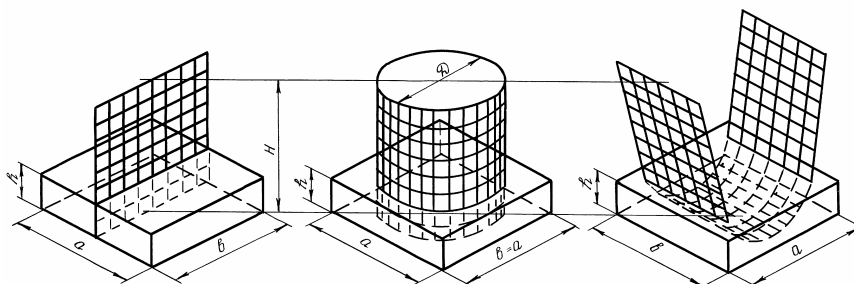


Рис. 16. Схема расчета армировки

Типы конструктивного исполнения, приемы монтажных работ по установке арматуры, параметры армировки для сеток различного сортамента указываются в типовых паспортах, утверждаемых в установленном порядке.

## 9. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ

Начало работ, связанных с обнажением закладочного массива снизу очистными выработками, производится на основе заключения о степени соответствия прочностных свойств закладочного массива нормативным требованиям для принятых в проекте параметров очистной выемки под искусственной кровлей.

Заключение дается комиссией, назначаемой главным инженером рудника (шахты) из числа специалистов служб технологического контроля (маркшейдерского и технического отделов).

Предварительная оценка состояния закладочного бетона в кровле очистной выработки делается путем определения ожидаемой прочности к моменту вскрытия на основе испытания образцов-кубиков в возрасте 7, 28 и 180 сут. и сравнения их результатов с контрольными характеристиками прочности применяемых типов и составов смеси.

При соответствии ожидаемой прочности закладки нормативным требованиям дается разрешение на начало работ с обязательным контрольным опробованием массива экспресс методом для определения фактической прочности.

При несоответствии ожидаемой прочности закладки нормативным требованиям не более чем на 20% массив искусственной кровли подлежит контрольному опробованию для определения фактической прочности закладки в несущем слое. При подтверждении несоответствия фактической прочности нормативным требованиям не более чем на 20% допускается производство работ под армированной искусственной кровлей с соблюдением соответствия фактической прочности следующим значениям ширины пролета обнажения (табл. 34):

Таблица 34

Фактическая прочность закладки в армированной кровле, кг/см <sup>2</sup>	Ширина пролета обнажения, м
20	4
25	5
30	6
40	7
50	8

При этом в проект вносятся дополнительные мероприятия по обеспечению целостности закладки в кровле выработок в процессе обнажения взрывными работами (каротаж шпуров и ликвидация перебуров, ведение БВР по технике «осторожного взрывания» и т.п.).

При установлении фактической прочности закладки ниже нормативных требований более чем на 20% ведение горных работ с обнажением закладочного массива производить по отдельно разработанным проектам, согласованным с ВНИМИ и ГМОИЦ и утвержденным главным инженером рудника. В них должны быть предусмотрены меры, направленные на повышение устойчивости закладки в кровле очистных выработок:

1. Уменьшение проектной ширины выработок до пролетов, соответствующих значениям фактической прочности закладки.

2. Опережающая подсечка кровли разрезной выработкой с контрольными опробованиями фактической прочности для выявления ослабленных участков и принятия решения о дополнительных видах крепи.

3. Контурное взрывание на контакте с закладкой с отбойкой основных запасов руды в слое по схеме почвоуступного забоя.

4. Дополнительные мероприятия по безопасности работ с учетом реальной обстановки.

5. В качестве одного из дополнительных мероприятий может служить анкерование искусственной кровли железобетонными штангами в сочетании с металлической сеткой. При этом штанги располагать по квадратной сетке 1,5×1,5 м при глубине штангования на всю высоту несущего слоя.

6. Окончательная оценка устойчивости кровли производится маркшейдерской службой рудника.

7. Критерием оценки устойчивости кровли в этот период служат показатели обрушения в кубических метрах на 1 м<sup>2</sup> площади обрушения и в кубических метрах на 1 м<sup>2</sup> площади обнажения всей искусственной кровли.

8. Случай самопроизвольного обрушения искусственной кровли расследуются комиссией, назначаемой главным инженером рудника, и оформляются актом с указанием причин, вызвавших обрушение.

## **10. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЛАБОРАТОРНЫЙ КОНТРОЛЬ**

При производстве закладочных работ в подземных условиях необходимо соблюдать «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом». При приготовлении закладочных смесей на поверхности необходимо соблюдать «Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окучивании руд и концентратов. Также при производстве закладочных работ необходимо соблюдать инструкции, разрабатываемые на предприятии. Каждое рабочее место должно находиться в состоянии полной безопасности для работы.

В подземных условиях в начале смены и процессе работы должна производиться проверка устойчивости кровли и стенок выработок путем осмотра. При появлении признаков опасности отслоения должна производиться оборка отслоившейся горной массы.

Безопасное состояние выработок после приема их под закладку обеспечивает горный надзор закладочного участка. После окончания закладочных работ выработки в установленном порядке передают в эксплуатацию горному участку.

Пуск в работу закладочного комплекса производится после доклада подземного обслуживающего персонала о готовности трубопровода и места укладки к приему закладочной смеси. Обо всех случаях, которые могут привести к аварии на трубопроводе и перемычках, горные мастера, бригадиры и другие лица должны докладывать оператору комплекса и диспетчеру рудника. Обо всех предполагаемых перерывах в подаче сжатого воздуха воды, электроэнергии на закладочные работы диспетчер рудника обязан поставить в известность руководителя закладочных работ и принять меры по предупреждению закупорок трубопроводов и аварий в технологии производства закладочных работ.

### 10.1. Отбор контрольных проб, хранение и испытание контрольных образцов-кубиков

Готовая закладочная смесь для контрольных проб отбирается в лотке или узле бетоноводов для каждой партии закладки после предварительной проверки качества и корректировки состава закладочной смеси. Под партией закладки принимается количество закладочной смеси, подаваемой в выработку без перерыва в одной смене (не менее 100 м<sup>3</sup>).

Из отобранной смеси изготавливают образцы-кубики и определяют тонкость помола, объемный вес, влажность и количество твердого в смеси. Для низкомарочных смесей изготавливают четыре образца для испытания их в возрасте 28 и 180 сут. Для высокомарочной закладки изготавливают шесть образцов для испытания их в возрасте 3 (7), 28 и 180 сут.

Залитые формы переносят в хранилище и маркируют. Хранение контрольных образцов-кубиков для испытаний закрывают пленкой. Испытания образцов-кубиков производятся с помощью прессы в контрольные сроки твердения.

Расчет прочности закладки производится по формуле

$$Q_{куб.} = 0,1P / S, \text{ МПа,}$$

где  $Q_{куб.}$  – прочность закладки в возрасте, МПа;  $P$  – разрешающая нагрузка, кг;  $S$  – рабочая площадь образца, см<sup>2</sup>.

Прочность закладки определяется с точностью до 0,1 МПа, (1,0 кг/см<sup>2</sup>) как среднеарифметическое прочности двух образцов с округлением результатов.

Результаты испытаний фиксируются в журнале испытаний.

### 10.2. Определение объемного веса закладочной смеси

Для определения объемного веса готовой закладочной смеси мерный сосуд заполняется закладочной смесью, которая берется на выходе из смесителя (мельницы при совместном помоле всех компонентов, желоба, бака). Объемный вес определяется по формуле

$$\gamma_{см} = (q - q_1) / v, \text{ г/см}^3 \text{ (т/м}^3\text{)},$$

где  $q$  – вес мерного сосуда с закладочной смесью, г;  $q_1$  – вес пустого сосуда, г;  $v$  – емкость сосуда, см<sup>3</sup>.

Результаты опробований заносятся в рабочий журнал.

#### ЖУРНАЛ результатов испытаний

1	2	3	4	5	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup>							13	14	15	16	17	Предел прочности при сжатии через ___ сут., МПа, кг/см <sup>2</sup>			
					6	7	8	9	10	11	12						18	19	20	21
Дата заливки	Проектная марка	№№ партии	№№ заполняемой камеры	Количество закладки, м <sup>3</sup>	Клинкер (нефелин)	Цемент	Гранулированный шлак	Ангидрит	Песок	Вода	Щебень	Температура закладочной смеси, Т	Тонкость помола +008, %	Влажность закладочной смеси W, %	Объемный вес смеси $\gamma_{см}$ , т/м <sup>3</sup>	$\gamma_{те}$ смеси.	$R_3$	$R_7$	$R_{28}$	$R_{180}$

### 10.3. Определение влажности, количества воды и твердого в одном кубическом метре закладочной смеси

Для определения влажности смеси берется навеска 50-100 г после определения объемного веса смеси. После взвешивания пустого сосуда с навеской закладочная смесь высушивается в сушильном шкафу (при температуре 110°C) до постоянного веса.

Определение влажности смеси производится по формуле

$$W = (p - p_1) / p \times 100, \%,$$

где  $W$  – влажность смеси, %;  $p$  – вес навески до высушивания, г;  $p_1$  – вес навески после высушивания, г.

Количество воды в 1 м<sup>3</sup> закладочной смеси определяют по формуле

$$B = 10 \times \gamma_{см} \times W, \text{ л.}$$

### 10.4. Предварительная проверка качества закладочной смеси и корректировка состава

Предварительная проверка качества закладочной смеси производится до отбора контрольной пробы с целью контроля влажности  $W$  и объемного веса смеси  $\gamma_{см}$ . Определение  $W$  и  $\gamma_{см}$  производится в соответствии с подразд. 10.2. и 10.3.

Проверка дозировки материалов производится после определения влажности и объемного веса закладочной смеси, при этом

$$\gamma_{тв.см} = \gamma_{см} - \gamma_{см} \times W / 100, \text{ т/м}^3$$

должно соответствовать табличным значениям.

При несоответствии расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> закладочной смеси уменьшается расход воды или увеличивается расход твердого материала при меньших значениях  $\gamma_{тв.см}$ , увеличивается расход воды при больших значениях  $\gamma_{тв.см}$ .

### 10.5. Определение фактической прочности закладки экспресс-методом с помощью динамического пробника П-1

При обнажении закладки в кровле выработок производят определение ее прочности с помощью динамического пробника.

Опробование закладки производят по длине выработки через 10 м в точках по ширине выработки (в центре и у бортов). В каждой точке производят не менее трех определений.

Оценку обнаженного слоя закладки по прочности производят по среднему показателю результатов измерений (среднеарифметическая величина).

Опробование закладки с помощью динамического пробника П-1 производят участком, определенным приказом по руднику.

Прочность закладочного массива определяют по глубине проникновения иглы приборов зависимостью

$$R_{сж} = 1900 / \sqrt{h^3},$$

где  $R_{сж}$  – прочность закладочного массива, кг/см<sup>2</sup>;  $h$  – глубина проникновения иглы прибора, мм.

Значения прочности, полученные по указанной зависимости, представлены в табл. 35.

Таблица 35

Глубина проникновения иглы прибора, мм	Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup>
До 7	Свыше 100
8	85
9	70
10	60
12	45
15	33
20	20
25	15
35	20

## 11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПРОИЗВОДСТВА ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ ПО РУДНИКУ

Исходные данные для расчета объемов производства закладки, составов смеси по маркам закладки, расходу материалов на планируемые объемы представлены в табл. 36.

Таблица 36

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Условные обозначения
1	Количество добываемой руды системой разработки	тыс. т	<i>K</i>
2	Объемный вес руды	т/м <sup>3</sup>	$\gamma_p$
3	Объемный вес породы	-//-	$\gamma_n$
4	Объемный вес закладки	-//-	$\gamma_z$
5	Общее разубоживание руды по системе разработки, в т.ч.: - породы - закладкой	% -//- -//-	<i>P<sub>p</sub></i> <i>P<sub>n</sub></i> <i>P<sub>z</sub></i>
6	Объем подготовительно-нарезных работ по системе разработки	м <sup>3</sup> /1000 т	<i>V<sub>п.нр</sub></i>
7	Средняя мощность рудного тела	м	<i>H<sub>ср</sub></i>
8	Параметры очистных выработок: - ширина очистной выработки (слоя, камеры, подкровельного штрека) - длина очистной выработки - высота очистной выработки	м м м	<i>B</i> <i>L</i> <i>H</i>
9	Процентное соотношение составов закладки, выбираемое из наличия материалов, в т.ч.: - АШЦ - АШЦЦ - ШЦЦ - ШЦ - НАШЦ	% -//- -//- -//- -//-	<i>X<sub>1</sub></i> <i>X<sub>2</sub></i> <i>X<sub>3</sub></i> <i>X<sub>4</sub></i> <i>X<sub>5</sub></i>
10	Удельный расход материалов на 1 м <sup>3</sup> закладочной смеси для различных составов и марок: - цемент для марок 100, 60, 40 - ангидрит для марок 100, 60, 40 - граншлак для марок 100, 60, 40 - щебень для марок 100, 60, 40	кг/м <sup>3</sup> -//- -//- -//- -//-	<i>C<sub>60</sub></i> <i>C<sub>100</sub>, C<sub>40</sub></i> <i>A<sub>100</sub>, A<sub>60</sub>, A<sub>40</sub></i> <i>H<sub>100</sub>, H<sub>60</sub>, H<sub>40</sub></i> <i>E<sub>100</sub>, E<sub>60</sub>, E<sub>40</sub></i>

Раздел приводится как рекомендательный в качестве пособия для расчетов при составлении плана развития горных работ и аналогичных расчетов.

Рассчитываемые параметры по системе разработки представлены в табл. 37.

Таблица 37

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Условные обозначения	Расчетные формулы
1	Объем пустот, образуемых любой системой разработки	т.м <sup>3</sup>	$V_{nc}$	$V_{nc} = (K - K \cdot P_p / 100) / Y_p + K \cdot P_n / 100 \cdot Y_n + K \cdot P_z / 100 \cdot Y_z + K \cdot V_{n-np} / 1000$
2	Количество очистных единиц, обрабатываемых системой разработки	ед.	$N$	$N = (V_{nc} \cdot 1000 / B \cdot L \cdot H) \times \times 1 + P_p \cdot Y_p / 100 \cdot Y_n$
3	Объем пустот, подлежащих закладке маркой 100 (M100): – слоевая система разработки с восходящим порядком выемки слоев – слоевая система разработки с нисходящим порядком выемки слоев – отработка подкровельных слоев	т.м <sup>3</sup>	$V_{100}$	$V_{100} = V_{1001} + V_{1002} + V_{1003}$ $V_{1001} = 0,5 \cdot B \cdot L \cdot N / 1000 (H_{cp} / H - 2)$ $V_{1002} = 2,5 \cdot B \cdot L \cdot N / 1000 (H_{cp} / H - 1)$ $V_{1003} = V_{nc}$
		т.м <sup>3</sup>	$V_{1001}$	
		т.м <sup>3</sup>	$V_{1002}$	
		т.м <sup>3</sup>	$V_{1003}$	
4	Объем пустот, подлежащих закладке маркой 40 (M40) – слоевая система разработки с восходящим порядком выемки слоев – слоевая система разработки с нисходящим порядком выемки слоев	т.м <sup>3</sup>	$V_{40}$	$V_{40} = V_{401} + V_{402}$ $V_{401} = V_{nc} - V_{1001}$ $V_{402} = V_{nc} - V_{1002}$
		т.м <sup>3</sup>	$V_{401}$	
		т.м <sup>3</sup>	$V_{402}$	
5	Объемы пустот, подлежащих закладке маркой 60 (M60)	т.м <sup>3</sup>	$V_{60}$	Все объемы для камерных систем разработки
6	Общий объем пустот по руднику, подлежащий закладке	т.м <sup>3</sup>	$V_3$	$V_3 = V_{100} + V_{60} + V_{40}$
7	Объем приготовления закладочной смеси	т.м <sup>3</sup>	$V_{3c}$	$V_{3c} = 1,05 \cdot V_3$
8	Расход материалов:	т.м <sup>3</sup>		$SC = 1,05(V_{100} \cdot C_{100} + V_{60} \times \times C_{60} + V_{40} \cdot C_{40})$ $SA = 1,05(V_{100} \cdot A_{100} + + V_{60} \cdot A_{60} + V_{40} \cdot A_{40})$ $SH = 1,05(V_{100} \cdot H_{100} + + V_{60} \cdot H_{60} + V_{40} \cdot H_{40})$ $SE = 1,05(V_{100} \cdot E_{100} + + V_{60} \cdot E_{60} + V_{40} \cdot E_{40})$
	– цемент	т.м <sup>3</sup>	$SC$	
	– ангидрит	т.м <sup>3</sup>	$SA$	
	– граншлак	т.м <sup>3</sup>	$SH$	
	– щебень	т.м <sup>3</sup>	$SE$	

*Примечание. 1.* В отдельных случаях объемы пустот, подлежащих закладке M100 могут быть заменены на марку M80, а M40 на M30 или M20, в зависимости от горно-технических условий и времени отработки соприкасающихся с закладкой запасов руды.

*2.* Удельный расход материалов принимается из таблиц по производству закладочных работ в зависимости от применяемого состава закладки.

*3.* Объемы производства закладочных работ по маркам закладки, потребность в материалах могут быть рассчитаны на ЭВМ в диалоговом режиме.

*4.* В расчетах не учитывается объем добычи руды из подготовительно-нарезных, разведочных и капитальных выработок, а также камер различного назначения пройденных по руде.

Пример расчета и исходные данные объемов производства закладочных работ по руднику представлены в табл. 38.



Таблица 38

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Системы разработки							
			Слоев. в восх.		Слоев. в нисх.		Подкров.		Камерн.	
			Усл.об.	Велич.	Усл.об.	Велич.	Усл.об.	Велич.	Усл.об.	Велич.
1	Количество добываемой руды системой разработки	т.т	$K_{св.}$	1000	$K_{сн.}$	1000	$K_n$	1000	$K_k$	1000
2	Объемный вес руды	т/м <sup>3</sup>		4		4		4		4
3	Объемный вес породы	-//-		3		3		3		3
4	Объемный вес закладки	-//-		2		2		2		2
5	Разубоживание руды общее	%	$P_p$	10	$P_p$	10	$P_p$	10	$P_p$	10
	-//- породой	-//-	$P_n$	5	$P_n$	5	$P_n$	5	$P_n$	5
	-//- закладки	-//-	$P_з$	5	$P_з$	5	$P_з$	5	$P_з$	5
6	Объем подготовительных нарезных работ	$\frac{м^3}{1000 т}$		50		50		50		50
7	Средняя мощность рудного тела	м	$H_{ср}$	15	$H_{ср}$	15	-	-	$H_{ср}$	15
	Ширина очист. выруб.	м	$B$	8	$B$	8	$B$	8	$B$	8
	Длина -//-	м		120		120		120		120
	Высота -//-	м	$H$	3,5	$H$	7	$H$	4	$H$	15
8	Объем пустот, образуемых системой разработки	т.м <sup>3</sup>	псв	316,7	псв	316,7	псв	316,7	псв	316,7
9	Количество очистных единиц, обрабатываемых системой разработки	ед.	в	83,16	н	41,59	п	72,79	к	19,41
10	Объем пустот, подлежащих закладке:									
	- маркой 100	т.м <sup>3</sup>	1001	17,507	1002	87,343	1003	316,7	-	-
	- маркой 60	-//-	-	-	-	-	-	-	60	316,7
	- маркой 40	-//-	401	299,2	402	229,4	-	-	-	-
11	Расход материалов с использованием АШЦ составов:									
- цемент	т.т	$C=1,05(421,5 \cdot 0,15 + 316,7 \cdot 0,08 + 528,6 \cdot 0,06) = 126,7$								
- ангидрит	-//-	$A=1,05(1266,8 \cdot 0,7) = 931$								
- граншлак	-//-	$H=1,05(421,5 \cdot 0,65 + 316,7 \cdot 0,7 + 528,6 \cdot 0,75) = 892$								

Всего закладка пустот по руднику при добыче руды всеми системами разработки составит 1266,8 тыс.м<sup>3</sup>, в т.ч. М100 = 421,5 тыс.м<sup>3</sup>, М60 = 316,7 тыс.м<sup>3</sup>, М40 = 528,6 тыс.м<sup>3</sup>.

Объем приготовления закладочной смеси составит 1330 тыс.м<sup>3</sup>, в т.ч. М100 – 442,5 тыс.м<sup>3</sup>, М60 – 332,5 тыс.м<sup>3</sup>; М40 – 555 тыс.м<sup>3</sup>.

## 12. ЗАКЛАДКА ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ТЕКУЩИМИ ХВОСТАМИ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Закладка выработанного пространства, как технологический процесс, в себестоимости добычи руды составляет до 30%, а 1 м<sup>3</sup> закладки пустот в зависимости от марки состава смеси имеет себестоимость 22-30 руб. Значительные затраты на закладку пустот требуют использования отходов производства и совершенствования технологии. Применение текущих хвостов обогащения для закладки выработанного пространства позволит снизить затраты при добыче руды.

Предусматривается подача хвостов 1 секции обогатительной фабрики (от переработки легкой фракции) на закладочный комплекс. Количество перекачиваемых хвостов составит 400-600 м<sup>3</sup>/час, которые после гидроциклонирования будут подаваться в мельницы закладочного комплекса.

Плотность шлама хвостов после гидроциклонирования должна быть не менее 1,5 т/м<sup>3</sup>, в которой при удельном весе хвостов 3 т/м<sup>3</sup> будет содержаться 750 кг твердого материала и 750 л воды.

Предварительный состав закладочной смеси, кг/м<sup>3</sup>:

цемент	40-150 (в зависимости от марки закладки)
ангидрит	200-300
граншлак	400-600
хвосты (твердого)	500-600
вода	500-550

При объемах производства закладки в пределах до 200 м<sup>3</sup>/час потребность хвостов по твердому составит 100 – 120 т или 130 – 160 м<sup>3</sup>/ч.

Хвосты обогатительной фабрики направляются для сгущения в гидроциклоны, слив с гидроциклонов – в хвостохранилище, сгущенный продукт по трубопроводу подается на закладочные комплексы рудников в сгустители для обезвоживания хвостов, обезвоженные хвосты – в смесители, где смешиваются с цементом и транспортируются в шахту.

Для условий Норильского комбината наиболее перспективной представляется схема подачи хвостов в мельницы с добавкой цемента и твердого материала (ангидрита, шлака или ангидрита и шлака). Применение ангидрита и шлака позволит снизить удельный расход цемента на закладку и получить требуемую консистенцию по плотности смеси. В этом варианте возможно применение одноразового гидроциклонирования хвостовой пульпы с получением плотности 1,5÷1,6 т/м<sup>3</sup>.

Гидроциклоны устанавливаются непосредственно на закладочном комплексе. Технологическая схема должна быть гибкой, давать возможность использовать текущие хвосты без гидроциклонов, с гидроциклонами и производить перекачку пульпы с ОФ на закладочный комплекс и обратно без ее отбора на закладочном комплексе. За исходный продукт берутся текущие хвосты ОФ плотностью до 1200 кг/м<sup>3</sup>. Объем перекачиваемых хвостов для переработки 200 м<sup>3</sup>/час с содержанием твердого материала до 30%.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Закладочные работы в шахтах: Справочник. – М.: Недра, 1989.
2. Олевский В.А. Размольное оборудование обогатительных фабрик. – М.: Госгортехиздат, 1963.
3. Саблин С.А. Машинист мельниц рудообогатительной фабрики. – М.: Недра, 1988.

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение .....	1
1. Требования к нормативной прочности закладочного массива .....	1
2. Технология и опыт ведения закладочных работ на основе песков вечной мерзлоты и цемента .....	3
3. Подбор составов закладочных смесей на основе местных материалов, цемента и клинкера .....	5
4. Промышленные составы закладочных смесей .....	15
5. Технология приготовления закладочных смесей на рудниках .....	19
6. Выбор составов закладочных смесей и технологии приготовления .....	22
7. Трубопроводный транспорт закладочных смесей .....	26
8. Технология закладки выработанного пространства. Формирование закладочных массивов различной прочности .....	28
8.1. Особенности формирования закладочных массивов, служащих кровлей очистных выработок .....	32
8.2. Армирование слоистой закладки в несущем слое искусственной кровли .....	34
9. Оценка прочностных свойств закладочных массивов .....	35
10. Техника безопасности и лабораторный контроль .....	36
10.1. Отбор контрольных проб, хранение и испытание контрольных образцов-кубиков .....	37
10.2. Определение объемного веса закладочной смеси .....	37
10.3. Определение влажности, количества воды и твердого в одном кубическом метре закладочной смеси.....	38
10.4. Предварительная проверка качества закладочной смеси и корректировка состава .....	38
10.5. Определение фактической прочности закладки экспресс-методом с помощью динамического пробника П-1 .....	38
11. Определение объемов производства закладочных работ по руднику .....	39
12. Закладка выработанного пространства текущими хвостами обогатительной фабрики .....	41
Библиографический список .....	43