

УДК 622.28

*А.С. Курилко***ПРИМЕНЕНИЕ НАБРЫЗГБЕТОННЫХ
ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ
КРИОЛИТОЗОНЫ**

Семинар № 3

Тепловая защита подземных горных выработок Севера применяется в следующих целях: обеспечения требуемых параметров микроклимата в подземных сооружениях; сокращения потерь тепловой энергии (при использовании калориферов); уменьшения оттока тепла, выделяемого горнорабочими в окружающей массив; обеспечения устойчивости выработок, пройденных в породах, не допускающих протаивания, и эксплуатирующихся в знакопеременном или положительном тепловом режиме.

Как показали проведенные наблюдения и расчеты, в течение года при отсутствии теплоизоляции количество циклов замораживания-оттаивания верхних слоев породы существенно выше 10, в высокогорных районах число циклов может достигать 100 и более. Воздействие циклов замораживания-оттаивания на горные породы приводит к их интенсивному выветриванию, снижению прочности вплоть до полной дезинтеграции.

Положительные стороны набрызгбетонных теплозащитных покрытий не вызывают сомнений. Во-первых, они уменьшают глубину протаивания окружающих пород выработок, эксплуатирующихся в знакопеременном или положительном тепловом режимах, уменьшая тем самым нагрузку на крепь – покрытие, что позволяет уменьшить ее толщину и, следовательно, расход материалов. Уменьшается до одного числа циклов замораживания-оттаивания, которым подвергаются породы в течение года. Во-вторых, при хорошей адгезии

теплозащитного набрызгбетона к горной породе будет образовываться единая система порода - теплозащитная крепь по аналогии с набрызгбетонной крепью со всеми присущими ей положительными свойствами повышенной несущей способности.

Таким требованиям отвечают легкие бетоны широко применяемые в строительстве. Основное их преимущество перед вспенивающими пластмассами в том, что они изготавливаются из недефицитных и сравнительно недорогих материалов местного производства. Все компоненты смеси для приготовления легких бетонов негорючи, нетоксичны, а прочностные и теплозащитные свойства легких бетонов можно варьировать в довольно широких пределах изменением заполнителей.

В качестве наполнителей теплозащитного набрызгбетона могут использоваться применяемые для обычных легких и теплозащитных бетонов материалы: керамзит, шлаки, перлит и др. Для снижения их стоимости предпочтительно использовать местные строительные материалы. Перспективно применение в качестве легкого заполнителя на рудниках Южной Якутии вспученного вермикулита, который обладает крайне низкой плотностью $100\pm 150 \text{ кг/м}^3$, выпуск которого налажен на ГОКе «Алданслюда». Для рудников Норильского комбината может быть использован азерит. Для рудников «АЛРОСА» дробленый силикатопенобетон.

Таблица 1
Рекомендуемые составы азеритобетона

Показатели	Номер смеси		
	I	II	III
Расход цемента на 1м ³ бетона, кг	550	370	300
Расход азерита на 1м ³ бетона, кг	840	840	880
Расход воды на 1м ³ бетона, кг	220	170	150
Объемная плотность готового бетона, кг/м ³	1500	1440	1870
Прочность на сжатие, МПа	15,7	10,3	7,1
Прочность на изгиб, МПа	5,6	4,7	2,3
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м градус	0,6	0,48	0,4

Таблица 2
Рекомендуемые составы вермикулитобетона

Показатели	Номер смеси		
	I	II	III
Расход цемента на 1м ³ бетона, кг	660	470	365
Расход вермикулита на 1м ³ бетона, кг	150	160	165
Расход воды на 1м ³ бетона, кг	490	480	470
Объемная плотность сухого бетона, кг/м ³	970	750	620
Прочность на сжатие, МПа	4,4	3,7	2,4
Прочность на изгиб, МПа	2,8	2,4	2,0
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м градус	0,3	0,22	0,2

Следует отметить, что в условиях горных выработок криолитозоны порода может находиться как в мерзлом, так и талом состояниях. Разработанные смеси, составы и технологии нанесения должны обеспечивать хорошую адгезию и быстрый набор прочности набрызгбетона при любом состоянии породы.

Нами предложены для условий рудников криолитозоны различные варианты конструкций набрызгбетонных покрытий (слоистые, армированные синтетической сеткой, пропитанные специальными растворами), различные легкие наполнители местного производства. Это обеспечивает высокие прочностные и теплофизические характеристики набрызгбетонной крепи и позволяет существенно снизить количество температурных циклов.

В табл. 1-3 приведены составы теплозащитных набрызгбетонных покрытий и их прочностные и теплофизические свойства.

Сравнивая характеристики набрызгбетонных с заполнителями из азерита, вермикулита и пеносиликатобетона, можно констатировать, что набрызгбетон из пеносиликатобетона обладает теплофизическими свойствами на уровне вермикулитобетона и более высокими прочностными и может быть использован в качестве теплозащитных покрытий на различных объектах. Прочностные свойства его недостаточны для самостоятельного использования в качестве конструкционного материала.

Мы предлагаем, прежде всего, слоистую крепь, первый слой которой – обыч-

Таблица 3
*Рекомендуемые составы набрызгбетона с заполнителем
из дробленого пеносиликатобетона*

Показатели	Номер смеси		
	I	II	III
Расход цемента на 1м ³ бетона, кг	481	316	263
Расход заполнителя на 1м ³ бетона, кг	563	590	597
Расход воды на 1м ³ бетона, кг	529	537	474
Объемная плотность бетона в сухом состоянии, кг/м ³	1116	954	900
Прочность на сжатие, МПа	9,2	5,9	3,5
Прочность на изгиб, МПа	1,8	1,5	1,4
Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м градус	0,24	0,22	0,21

ный тяжелый набрызгбетон, а второй слой содержит легкий наполнитель.

Адгезионную прочность сцепления бетонной смеси с горной породой определяли в лабораторных условиях при испытаниях на срез по контакту бетон - горная порода (гранит, песчаник, аргиллит, уголь, известняк, доломит). Эксперименты показали, что прочность сцепления бетона с породой зависит от ее вида, состояния поверхности, состава и водоцементного отношения бетонной смеси. В наших экспериментах она составила $3000 \div 500$ кН/м², что является достаточным для ведения набрызгбетонных работ. Надо также учитывать, что сцепление набрызгбетона с породой в условиях горной выработки будет выше, чем в лабораторных условиях в связи с наличием неровностей и трещин на поверхности породы.

Проведенные эксперименты показали, что использование ускорителей твердения и противоморозных добавок позволяет получать хорошую адгезию бетона к горным породам и при низких температурах, характерных для подземных горных выработок зоны многолетнемерзлых пород.

Опытно-промышленные испытания технологии нанесения набрызгбетонного покрытия были проведены на рудниках «Айхал» АК «АЛРОСА», «Тимптон» ком-

бината «Алдансюда», «Ангедрит» Норильского ГМК.

Наиболее сложная ситуация была на руднике Айхал. Породы этого рудника склонны к полной дезинтеграции при воздействии температурных циклов. Поэтому основной задачей являлось предотвращение осыпания пород в выработках. Работы на руднике Айхал были начаты в 2001 году.

Рудник расположен на территории одноименного поселка Мирнинского района. Климат района резко континентальный с продолжительной зимой и коротким умеренно-теплым летом. Среднегодовая температура воздуха -11 °С. Глубина сезонного оттаивания пород варьируется от 2 до 3 м. Нулевая изотерма проходит на глубине 700 м (-200 м абсолютной отметки). Наиболее низкие температуры отмечаются в приповерхностной части $-4,2$ °С.

Вмещающее рудное тело породы представлены доломитами и глинистыми доломитами с прослойками мергелей, аргиллитов и алевролитов. Порода относится к средней крепости. Встречаются тонкие прослойки до 1 см гипса. Залегание пород горизонтальное.

Как показало обследование, вмещающие породы склонны к быстрому выветриванию. Были случаи аварийных вы-

Таблица 4
Прочность набрызгбетона на руднике "Айхал"

№ пп	Место опробования прочности набрызгбетона	Прочность R, кг/см ²
1	Камера перегруза, горизонт 163 м	80
2	Съезд 395-261м	210
		110
3	Камера отстоя самоходной техники, гор.220 м	180
		50
		210
4	Насосная станция, гор. 163 м	190
		70
5	Водосборник, гор. 163 м	130
6	Портал, гор. 285 м.	130
		150
7	Камера перегруза, гор. 190 м	120

валов пород. Рудник нес большие затраты на перекрепление выработок.

Для уменьшения скорости выветривания пород необходимо было изолировать их от взаимодействия с рудничным воздухом. Наиболее предпочтительным видом крепи для рудника "Айхал" является комбинированная набрызгбетонная крепь. Основную механическую нагрузку воспринимают анкера, а набрызгбетон выполняет роль затяжки и изолирует поверхность пород.

В процессе внедрения набрызгбетонной технологии крепления выработок сухая набрызгбетонная смесь готовилась на Айхальском комбинате строительных материалов. В качестве вяжущего применялся портландцемент марки 400 производства ОАО «Якутцемент». В качестве мелкого заполнителя использовался мытый песок карьера «Быстрый».

В качестве противоморозной добавки использовался поташ, который растворялся в воде затворения. Для затворения смеси использовалась горячая вода, которая доставлялась на место ведения работ в емкости.

Испытания контрольных образцов набрызгбетона, отобранных при набрызге

и твердевших в нормальных условиях, в лаборатории комбината показали, что их прочность при сжатии составляет 201 кг/см², что совпадает с проектной маркой бетона.

Набрызгбетоном закреплено свыше 600 п.м. выработок. Общая площадь набрызгбетонных покрытий 9000 м². Объем бетона, нанесенного на породу 450 м³. Закреплены набрызгбетоном: камера перегруза на 210 горизонте; съезд с 390 на 261 горизонты; насосная станция, водосборники, камера аварийного воздухооборудования на 163 горизонте; портал штольни на 285 горизонте и др.

Визуальный осмотр, который проводили в июле 2003 г. показал, что состояние набрызгбетонного покрытия на большинстве закрепленных участков удовлетворительное. Прочность бетона, определенная с помощью молотка Кашкарова, приведена в табл. 4.

Основной целью экспериментов на руднике «Тимптон» была разработка технологии возведения теплозащитного набрызгбетонного покрытия с использованием вспученного вермикулита. Экспериментальные работы проводились на горизонте 1089 м в квершлага шахты №

Таблица 5
**Прочность набрызгбетона в электровозном депо
на горизонте 1049* ($R_{сж}$, МПа)**

Дата испытаний	Состав бетонной смеси	
	Ц:П=1:3	Ц:В=1:3
18.12.87	12	-
29.01.88	23	4
21.04.88	25÷31	2÷4
14.06.88	20÷24	---
02.03.89	34÷44	4
17.05.89	33÷40	4
16.01.90	34,5÷44	2÷4

*Набрызг произведен в декабре 1987 года.

13 на руднике «Тимптон» комбината «Алданслюда» Республики Саха (Якутия). Квершлаг пройден в диопсидовых гранитах средней зернистости крепостью 16-18 по шкале Протоdjаконова. Температура горных пород и воздуха в квершлага колеблется в течение года от -2 до 0°С, относительная влажность 40-60 %.

По разработанной технологии затем была возведена теплозащитная крепь в электровозном депо и в камере дробильного цеха. Первый несущий слой состоял из цемента и песка в соотношении 1:3. Второй теплоизоляционный слой (нанесенный поверх первого) - из цемента и легкого наполнителя (вермикулита) в пропорции 1:3÷1:4. Толщина каждого слоя - 3 см.

Температура воздуха и пород была отрицательной, поэтому поверхность выработки смачивали горячим раствором $CaCl_2$, чтобы не допустить образования ледяной прослойки на контакте поверхность выработки - крепь. Для ускорения схватывания и твердения набрызгбетонной крепи смесь затворяли раствором $CaCl_2$. В течение двух с половиной лет проводились наблюдения за состоянием теплозащитной крепи, а также за динамикой прочностных свойств с помощью мо-

лотка Кашкарова. Результаты наблюдений приведены в табл. 5

Наблюдения за состоянием покрытия в течение трех лет показали его высокую надежность. Необходимо сделать следующее замечание. В августе 1988 года в результате аварии на линии электропередачи произошла остановка насосов водоотлива. К моменту подключения энергии уровень воды поднялся выше электродвигателей насосов, в результате весь 5-й горизонт был затоплен. Только через четыре месяца удалось ликвидировать аварию. Электровозное депо было залито водой. Однако, состояние набрызгбетона от этого не ухудшилось.

Исследования по возведению азери-тобетонной крепи проводились на руднике «Ангидрид» Норильского ГМК. Целями эксперимента были оценка степени пригодности азерибетона для теплоизоляции камер ожидания глубоких рудников комбината и обеспечение требуемых параметров микроклимата в процессе эксплуатации в зимнее время (эксперименты проводились совместно с институтом ЛениИИРГ).

Испытания показали, что легкий бетон, имея большую сорбционную способность и емкость, активно сорбирует влагу и диоксид углерода. Не наблюдалось вы-

падения конденсата с потолка камеры, и уровень относительной влажности не превышал 90 %. Содержание диоксида углерода в атмосфере камеры было в пять раз меньше, чем в камере без набрызгбетонного покрытия.

Итак, можно сделать заключение о пригодности теплозащитной крепи из легкого бетона для теплоизоляции камер ожидания и создания в них требуемых параметров микроклимата. Теплоизолированные этим материалом камеры отвечают требованиям, предъявляемым к камерам ожидания, могут эксплуатироваться без применения технических устройств обогрева во время реверса вентиляционной струи в зимнее время.

Адаптированная к условиям криолитозоны (Айхал, Тимптон, Ангидрит) технология нанесения набрызгбетонных покрытий показала возможность применения легких наполнителей для повышения теплозащитных характеристик покрытий. Натурные эксперименты подтвердили сделанный ранее вывод, что нанесение набрызгбетонных покрытий позволяет исключить воздействие температурных циклов на горные породы и, как следствие, обеспечивает достаточно высокую устойчивость выработок.

Коротко об авторах

Курилко А.С. – кандидат технических наук, заведующий лабораторией горной теплофизики Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

<i>Автор</i>	<i>Название работы</i>	<i>Специальность</i>	<i>Ученая степень</i>
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. СЕРГО ОРДЖОНИКИДЗЕ			
ЕСЬКО Людмила Анатольевна	Обоснование эколого-защитной системы электрогидрофизической очистки шахтных вод и лежалых хвостов обогащения от тяжелых металлов	25.00.36	к.т.н.
ТЕСКЕР Игорь Маркович	Снижение геоэкологических последствий загрязнения земной поверхности при разливах углеводородного сырья и прогноз необходимых сил и средств для их ликвидации	25.00.36	к.т.н.

