

УДК 622.235

**К ПРИМЕНЕНИЮ НЕВЗРЫВНОГО РАЗРУШАЮЩЕГО  
СРЕДСТВА ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ**

Докт.техн.наук    А.Д.Омаров  
Докт.техн.наук    Т.К.Ахметжанов  
                          А.Т.Ахмеджанов

*Рекомендуются экологически безопасная технология применения невзрывного разрушающего средства ГРС-1 при проходке подземных выработок. Авторы располагают «Ноу-хау» по технологии приготовления смесей НРС-1 и их применению.*

При проходке горных выработок, в том числе и тоннелей в скальных и полускальных породах применяется взрывной способ разрушения. При этом в атмосферу выделяются вредные взрывные газы, происходит сейсмическое воздействие на окружающую выработку среду, отмечается разлет кусков. Все перечисленное снижает производительность проходческих работ, повышает их опасность и влияет на себестоимость проведения и поддержания горных выработок.

С конца 80-х годов в мировой практике отмечается интенсивный поиск альтернативных способов и средств разрушения горных пород, одним из которых является использование невзрывного разрушающего средства НРС-1.

Невзрывчатое разрушающее средство (НРС) представляет собой порошкообразное негорючее и невзрывчатое вещество, обладающее щелочными свойствами. НРС-1 изготавливается путем обжига известняка с последующим измельчением продукта обжига с соответствующими химическими добавками. Как показал химический анализ в составе НРС-1 имеется: СаО – 96%; MgO – 0,1%; сульфидно-спиртовая барда (ССБ) – 0,02%; железо и кобальт двухвалентные и пятивалентный ванадий.

При смешивании НРС-1 с водой образуется рабочая смесь, которая после заливки в шпур разрушаемого объекта с течением времени схватывается, твердеет и увеличивается в объеме. Увеличение объема смеси, являющееся следствием гидратации НРС-1, приводит к росту

давления в шпуре, которое со временем достигаем 50 МПа. Однако у воды, как гидратирующего агента, не достаточно высокая гидратирующая способность.

Вследствие этого у НРС-1 относительно низкая кратность расширения (до 3-4 раз) при сравнительно длительном времени начала расширения (минимум 8-12 часов). Это снижает промышленную применимость НРС-1, особенно при необходимости интенсивного разрушения больших объемов горной массы. Для повышения гидратирующей способности предлагается использовать водный раствор жидкого стекла. Экспериментально установлено, что применение раствора жидкого стекла позволяет увеличить кратность расширения в 1,32 раза и уменьшить время начала расширения в 1,5-2 раза по сравнению с водой.

По сравнению со взрывчатыми веществами НРС-1 обладает следующими преимуществами:

- применение его не сопровождается звуковыми или сейсмическими эффектами, выбросом газообразных продуктов в процессе разрушения;
- безразлетность разрушения, что обеспечивает высокую безопасность персонала и сохранность окружающих объектов.

К недостаткам относятся:

- ухудшение рабочих характеристик состава при нарушении герметичности упаковки, вследствие его высокой гигроскопичности;
- невозможность использования при отрицательных температурах.

НРС-1 с расфасовкой 20 кг упаковывается в полиэтиленовые пакеты, которые помещаются в многослойные бумажные мешки. Мешки с НРС-1 должны храниться в сухом помещении на деревянных поддонах. Срок хранения – 6 месяцев. НРС-1 предназначено для разрушения прочных и хрупких материалов.

Областью рационального применения НРС-1 является:

- проходка горных выработок различного назначения, в том числе и транспортных коммуникаций;
- разрушение бетонных фундаментов, стен, плит и колонн при выполнении реконструкционных строительных работ;
- добыча блоков природного камня для использования в строительстве;
- дробление негабарита, отделение участков горных пород при выполнении специальных видов работ.

Проверка качества (работоспособности) НРС-1, поступающего с предприятия-изготовителя, производится на специальном устройстве по методике Московского горного института.

Основным элементом устройства является цилиндр с внутренним диаметром 50 мм и высотой 100 мм. Внутри цилиндра находится поршень со штоком, через который передается давление, развиваемое

внутри цилиндра составом НРС-1, динамометру. Поршень имеет 8 отверстий диаметром 3 мм. Устройство снабжено оснасткой, состоящей из стоек, пленок, муфт и прижимного винта, которые служат для сборки элементов конструкции и воспринимают нагрузки от поршня.

При проверке качества состава рабочую смесь НРС-1 заливают в цилиндр на высоту 60-70 мм и закрывают поршнем, над штоком которого помещают динамометр и осуществляют сборку всей конструкции устройства.

Винтом создают начальное давление на динамометр и по индикатору отмечают его величину. Через 8-10 ч и 20-24 ч по показаниям динамометра определяют усилие ( $F$ ), которое передается поршню расширяющимся НРС-1. Давление, развиваемое смесью, вычисляется по формуле:

$$P = \frac{F}{\pi R^2}, \quad (1)$$

где:  $R$  – внутренний радиус поршня, см;

$F$  – усилие, кг.

Полученные значения давления сравнивают с величиной этого показателя в технической характеристике предприятия-изготовителя на НРС-1.

В случае снижения развиваемого давления на 10-20% от нормируемого значения, необходимо внести корректировку в паспорт бурения – уменьшить расстояние между шпурами. Если давление, развиваемое составом НРС-1, снижается в 2 и более раза или время достижения максимальной величины давления окажется продолжительным (более суток), то такой состав не пригоден для использования.

Для приготовления рабочей смеси необходимы весы, мерный сосуд, емкость для смешивания порошка с раствором жидкого стекла.

Рабочая смесь готовится при соотношении водного раствора жидкого стекла и порошка (по массе), равном 0,27 (на 1000 г порошка – 270 мл раствора жидкого стекла).

Для приготовления рабочей смеси в емкость (бак, ведро) выливается отмеренное количество раствора. Затем в раствор постепенно, при непрерывном перемешивании высыпается взвешенное количество порошка до получения однородной массы с хорошей текучестью и без комков.

Область температур разрушаемого объекта, в пределах которой рабочая смесь может эффективно использоваться, находится в границах  $+ (2-25)^{\circ}\text{C}$ . Чем выше температура объекта, тем ниже должна быть температура жидкости и, наоборот. Например, при температуре объекта  $+ 25^{\circ}\text{C}$  температура жидкости должна быть не выше  $+ 15-18^{\circ}\text{C}$ , иначе

произойдет выброс смеси из шпура. При температуре объекта  $+ (2-3)^{\circ}\text{C}$  температура жидкости должна быть  $(40-50)^{\circ}\text{C}$ .

Отклонение водотвердого соотношения в ту или иную сторону от 0,27 сопровождается ухудшением рабочих характеристик смеси.

Приготовленная рабочая смесь должна быть залита в заранее пробуренные в разрушаемом объекте шпуры до устья в течение 10 мин. после приготовления. Шпур, в который заливается рабочая смесь, должен быть тщательно очищенным от буровой мелочи, не содержать воды.

Рабочая смесь НРС-1 начинает затвердевать по истечении 10 минут после приготовления, теряя текучесть. Не допускается восстановление текучести путем повторного смешивания раствора с водой, так как при этом резко ухудшаются рабочие характеристики.

Если разрушаемый объект обладает повышенным водопоглощением (например, сухой бетон), то следует использовать полиэтиленовый шланг, изготовленный по размерам шпура. Можно также путем заливки воды в шпуры осуществить насыщение таких объектов влагой, но перед заливкой НРС-1 вода из шпуров должна быть удалена.

Для заливки шпуров, располагаемых в объекте под небольшим углом наклона, следует использовать простейшие устройства типа шприцов, гибких емкостей с резиновым шлангом и т.п.

С увеличением диаметра шпуров эффективность разрушающего действия рабочей смеси повышается, однако при этом возрастает вероятность ее выброса из устья шпуров, в особенности, и если температура объекта превышает  $+ 25^{\circ}\text{C}$ .

В связи с этим рекомендуемые диаметры шпуров находятся в пределах 26-44 мм.

Ориентировочная оценка расстояния между шпурами в зависимости от их диаметра может быть произведена с помощью формулы:

$$B = 1000 \frac{d}{\sigma_p}, \text{ см} \quad (2)$$

где:  $d$  – диаметр шпура, см;

$\delta_p$  – предел прочности материала объекта на разрыв, кгс/см<sup>2</sup>.

Расчетное значение уточняется опытным путем.

Кроме того, расстояние между шпурами может быть рассчитано и по формуле (1):

$$B = d + 2 \frac{1}{\gamma} \ln \frac{EU_0\gamma}{p}, \text{ м}, \quad (1)$$

где:  $\gamma$  – коэффициент затухания упругой волны, м;

$E$  – модуль упругости Юнга, мПа;

$U_0$  - амплитуда колебания упругой волны в разрушаемых горных породах, м;

$P$  - давление, развиваемое невзрывчатым разрушающим средством, МПа.

Глубина шпуров должна быть меньше, чем высота (толщина) разрушаемого объекта на 5-10 см. При высоте объекта до 30-40 см рекомендуется бурение наклонных шпуров, так как давление в верхней части шпура на участке длиной около  $3d$  – значительно меньше, чем в его нижней части.

Расход порошка на 1 пог.м. шпура определяется по таблице 1.

Таблица 1

Расход порошка шпура на 1 пог.м

Диаметр шпура, мм	26	32	38	44
Расход НРС-1, кг	0,95	1,50	2,00	2,70

При расчете расхода НРС-1 данные, приведенные в таблице, можно сопоставить со следующей нормой; на  $1 \text{ см}^3$  объема шпура необходимо 1,8 г порошка.

При разрушении железобетонных конструкций шпуры необходимо располагать в непосредственной близости от арматуры (на расстоянии 3-5 см).

При подготовке объекта к разрушению необходимо:

- провести обследование намеченного к разрушению объекта, по результатам которого определить порядок и организацию работ;
- проинструктировать привлекаемый к выполнению работ персонал;
- разработать технологический паспорт ведения работ с применением НРС-1.

Технологический паспорт должен содержать:

- характеристику объекта разрушения (размеры, объем, прочность, трещиноватость, характер и расположение арматуры);
- план площадки, на которой размещен намеченный к разрушению объект с указанием расположенных вблизи коммуникационных сетей, оборудования и т.п.;
- схему расположения шпуров в 2-х проекциях с указанием всех необходимых размеров;
- порядок приготовления рабочей смеси и последовательность заполнения смесью шпуров;
- перечень и характеристики подъемно-транспортного оборудования для погрузки и транспортировки разрушенного объекта;
- указания по технике безопасности;



- таблицу технологических параметров и технико-экономических показателей разрушения.

Технологический паспорт составляется и утверждается в порядке, предусмотренном БВР:

1. Все операции с НРС-1 персонал должен выполнять в респираторе, защитных очках и резиновых перчатках.
2. Не осматривать устья шпуров после заливки рабочей смеси, так как возможен ее самопроизвольный выброс.
3. При попадании рабочей смеси на кожаные покровы смыть ее водой.
4. Если НРС-1 попало в глаза, немедленно обратиться к врачу.
5. Зона работ должна иметь ограждение и предупредительные надписи.
6. В том случае, если при применении НРС-1 возникают «отказы» рабочей смеси (не создается необходимого для разрушения давления) или наблюдаются другие нежелательные явления, необходимо установить их причины и внести изменения в технологию приготовления рабочей смеси или технологический паспорт.

Основные причины «отказов» или других явлений приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Причины «отказов» и меры их предотвращения**

Вид отклонений от норм	Возможные причины	Возможные меры предупреждения
1. Выплескивание рабочей смеси из шпуров	<ul style="list-style-type: none"> <li>- несоответствие марки НРС температурным условиям в месте проведения работ;</li> <li>- нарушение требований инструкции по приготовлению рабочей смеси и к заливке ее в шпуры</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильный выбор температуры шпуров;</li> <li>- соблюдение точных весовых отношений воды и НРС;</li> <li>- тщательное перемешивание рабочей смеси;</li> <li>- очистка стенок шпуров от масел и глинистого раствора</li> </ul>
2. Полный или частичный отказ в заданной плоскости (не сопровождающее выплескиванием)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- несоответствие марки НРС температурным и климатическим условиям на месте проведения работ;</li> <li>- несоблюдение инструкции по приготовлению рабочей смеси;</li> <li>- отклонение физико-механических свойств породы в месте проведения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- правильный выбор марки НРС;</li> <li>- контроль качества</li> <li>- правильный выбор марки НРС;</li> <li>- контроль качества НРС;</li> <li>- осушение шпуров и предохранение от попадания воды;</li> <li>- соблюдение весовых</li> </ul>

Продолжение таблицы 2

<p>3. Проявление незапланированных разрушающих трещин за проектный контур раскола с полным или частичным отсутствием раскола по линии заложения шпуров</p>	<p>работ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вытекание рабочей смеси из шпуров через имеющиеся трещины</li> <li>- наличие в отделяемой части массива скрытых естественных трещин и других дефектов;</li> <li>- неправильный выбор параметров буровых работ;</li> <li>- несовпадение проектного контура раскола с направлением наилучшего раскола породы</li> </ul>	<p>отношений воды и НРС и тщательное перемешивание рабочей смеси;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- изменение расстояния между шпурами;</li> <li>- уточнение размеров, конфигурации направления трещин;</li> <li>- создание искусственной трещины в подошве уступа</li> <li>- изменение глубины шпуров и расстояний между ними;</li> <li>- изменение направления плоскости откола</li> </ul>
--	--	---

Авторы располагают «Ноу-хау» по технологии приготовления смесей НРС-1 и их применению и заинтересованные лица могут обратиться в Казахскую академию транспорта и коммуникаций.

### Литература

1. А.с. №1732721 (СССР). Способ разрушения целиков. Ахмеджанов Т.К. и др. 1992.

Казахская Академия транспорта и коммуникаций

### КӨЛІК ЖҮРЕТІН ЖЕРАСТЫ КОММУНИКАЦИЯЛАРЫН ҮНГІРЛЕРГЕ ҚОПАРЛЫССЫЗ БҮЗАТЫН ҚАТТЫ ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНШІЛІКТЕРІ

Техн.ғыл.докт.	А.Д.Омаров
Техн.ғыл.докт.	Т.К.Ахметжанов
	А.Т.Ахметжанов

Жерасты үңгірлері жүргізбеуге керекті экологиялық қауіпсіз қопарылыссыз бұзатын НРС-1 затын дайындайтын және қолданудың «Ноу-хау» технологиясын ұсынуға мүмкіншіліктері бар.