

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

I издание

Разработано экспертами Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 3-4 сентября 2020 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Согласовано совещанием Комиссии ОСЖД по инфраструктуре и подвижному составу 9-10 ноября 2020 г., Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено на XXXVI заседании Конференции Генеральных директоров (ответственных представителей) железных дорог ОСЖД (19-23 апреля 2021 года)

Дата вступления в силу: 23 апреля 2021 года.

Примечание: Памятка обязательная для АО «Укрзалізниця».

O+P 773/6

**РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО УСИЛЕНИЮ ОБДЕЛКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
ТОННЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНКЕРНЫХ СИСТЕМ
И КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на обновление железнодорожной инфраструктуры на дорогах стран ОСЖД остается значительное количество железнодорожных тоннелей, которые эксплуатируются за пределами проектной долговечности и требуют капитального ремонта или реконструкции.

Данная памятка определяет основные требования проектирования и производства проведения ремонтных работ в железнодорожных тоннелях с применением современных анкерных систем и композитных материалов. Этот способ приобретает все более широкое распространение благодаря развитию и совершенствованию конструкции анкеров, а также средств механизации работ - малогабаритных буроинекционных установок, обеспечивающих установку анкерных систем в тоннелях.

Усиление существующих обделок тоннелей с использованием буроинекционных технологий с применением анкерных систем и композитных материалов позволяет значительно сократить как сроки проведения ремонтных работ, так и их стоимость.

Памятка предназначена для специалистов проектных и эксплуатационных организаций и подразделений железных дорог, обеспечивающих содержание тоннелей и других подземных сооружений.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Анкерная крепь представляет собой систему закрепленных в шпурах штанг, расположенных определенным образом в окружающих выработку породах, и предназначенных вместе с поддерживающими элементами для упрочнения массива пород и повышения устойчивости благодаря скреплению отдельных зон массива пород, слоев, структурных блоков и обделки тоннеля. Современные системы предусматривают использование в качестве анкеров трубчатых самозабуривающихся стержней, что позволяет полностью механизировать процесс их установки и закрепления в шпуре.

К достоинствам анкерной системы с применением композитных материалов следует отнести: их долговечность, так как стержень защищен раствором; способность работать на срез в случае смещения пластов, так как раствор плотно заполняет весь шпур; высокое качество заделки анкера.

Область применения анкеров: очень твердые породы с крепостью $f=14 - 20$, а также глинистые и мягкие полускальные породы. $f=4$. При этом прочность заделки 60-80 кПа может быть достигнута через 1-2 часа в том числе и в обводненных грунтах.

В любом случае технические решения наиболее эффективны для усиления обделок тоннелей, образующих свод обрушения (рис. 1).

Величину m , пролета L и высоту h_1 свода обрушения над верхней точкой выработки (рис. 2) следует определять по формулам:

$$L = B + 2h * tg\left(45^\circ - \frac{\varphi^k}{2}\right) \quad (1)$$

$$h_1 = \frac{L}{2f} \quad (2)$$

где φ^k — значение кажущегося угла внутреннего трения грунтового массива в пределах сечения тоннельной обделки, град., принимаемое по опытным данным.

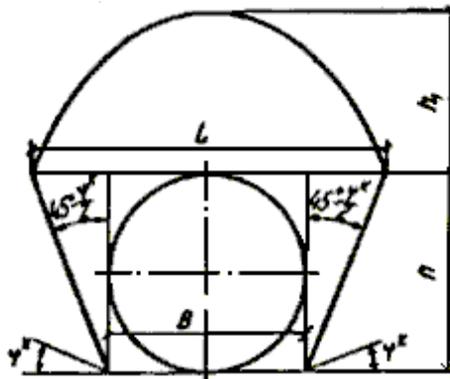


Рис. 1. Схема свода обрушения

Заделка анкеров в горном массиве должна проводиться за пределами плоскости обрушения по расчету. Определение контура зоны обрушения проводится согласно с рис.1 или в соответствии с национальными нормативными документами.

Величину горного давления в трещиноватых скальных грунтах при наличии в массиве трещин, расположенных в двух плоскостях и более, со средним расстоянием между трещинами $b \text{ м} > 0,04B$ и коэффициенте крепости грунта $f > 4+0,005 H$ следует принимать от веса грунта в объеме вывалов из свода (кровли) и стен выработки.

Здесь B — величина пролета (или диаметр) выработки, м;

f — коэффициент крепости грунта, характеризующий горный массив и принимаемый на основании опытных данных, а при их отсутствии - по приложению к настоящей главе с учетом структуры и трещиноватости грунтового массива и способов сооружения тоннеля;

H — глубина заложения выработки, м;

h — высота (или диаметр) выработки, м;

g — объемный вес грунта, тс/м², определяемый по данным исследований.

2. Основные принципы расчета анкерной крепи

2.1. Основными параметрами анкерной крепи следует считать: длину анкеров, расстояние между ними, расчетное сопротивление стержня на разрыв, несущую способность «замка» анкера, величину начального натяжения для натяжных замковых анкеров.

С учетом характера работы крепи, указанные параметры определяют применительно к двум расчетным схемам.

Расчетная схема 1 – анкера прикрепляют породу, расположенную в пределах зоны возможного обрушения, к устойчивой зоне породного массива и рассчитываются на восприятие нагрузок, вызванных весом породы в пределах зоны возможного обрушения.

Расчетная схема 2 – анкера скрепляют различно деформируемые зоны, слои или структурные элементы породного массива вокруг выработки, формируя упрочненную зону, способную воспринимать горное давление.

Расчетная схема достаточно проста и наглядна, но не отражает в полной мере действительный характер работы анкерной крепи. Эту схему рекомендуется применять при сравнительно незначительных размерах зоны возможного обрушения (2-6 м). В отдельных случаях в трещиноватом массиве возможно ее применение при размерах зоны обрушения до 15 м.

Расчетная схема 2 полнее отражает действительный характер работы анкерной крепи, но требует более подробных и надежных данных о свойствах породного массива и более сложна в расчетном отношении.

При выполнении ремонтных работ, направленных на усиление обделки действующих тоннелей, рекомендуется использовать расчетную схему 1.

2.2. Несущая способность железобетонного или сталеполимерного анкера, которые могут быть сплошными или замковыми, определяется:

- сопротивлением разрыву стержня анкера;
- прочностью закрепления анкера в цементной, полимерцементной или полимерной пробке (замке);
- сопротивлением сдвигу цементной, полимерцементной или полимерной пробки (замка) относительно боков скважины.

Расчетная несущая способность стержня анкера (m_c)

$$P_c = F_{нт} R_p m_y \quad (3)$$

где $F_{нт}$ – площадь ослабленного поперечного сечения стержня, m^2 ;
 R_p – расчетное сопротивление материала стержня анкера растяжению (m_c/m^2); m_y – коэффициент условий работы стержня анкера, принимаемый в обычных условиях 0,9 – 1,0.

Расчетная несущая способность стержня из условия прочности закрепления в замке

$$P'_3 = \pi d_{ct} \tau_1 l_3 k_l m'_y \quad (4)$$

где d_{ct} – диаметр анкера; τ_1 удельная прочность закрепления стержня в бетоне тс/м²; l_3 – расчетная длина заделки м.; k_l – поправочный коэффициент на длину заделки; m'_y – коэффициент условий работы замка, значения которого принимают при сухой скважине -0,8; при влажной 0,6 – 0,7.

Исследованиями установлено, что значение τ_1 уменьшается с увеличением заделки анкера. При длине заделки анкера равной 0,1 м на цементном растворе В-30 $\tau_1 = 1100 - 1200$ тс/м²; на полимеррастворе - $\tau_1 = 2000 - 2400$ тс/м².

Расчетная несущая способность замка (m_c) из условия его сдвига относительно стенок скважин:

$$P''_3 = \pi d_c \tau_2 l_3 m''_y \quad (5)$$

где d_c – диаметр скважины; τ_2 – удельное сопротивление сдвигу материала замка относительно стенок скважины; l_3 – расчетная длина заделки; m''_y – коэффициент условий работы замка, равный для сухой скважины -0,9; при влажной скважине - 0,75; при капееже из скважины 0,6.

Значение τ_2 рекомендуется определять опытным путем. Для известняков и сланцев составляет соответственно 150-200 тс/м² и 100 – 120 тс/м² при цементном замке и аналогично 300 – 400 тс/м² и 200-250 тс/м² при полимерцементном (полимерном) замке.

В качестве расчетной несущей способности анкера P_a принимают меньшее из значений P_c, P'_3, P''_3 .

2.2. Расчет длины и плотности установки анкеров

Длину анкеров определяют с учетом характера проявления горного давления и принятой расчетной схемы анкерной крепи. При расчетной схеме 1, если глубина зоны возможного обрушения определена, длину анкера определяют по формуле:

$$l_a = l_b + l_3 + l_{\pi} \quad (6)$$

где: l_a – длина анкера;

l_b – глубина зоны возможного обрушения;

l_3 – величина заглубления анкера в устойчивую зону горного массива;

$l_{п}$ — длина выступающей части анкера, зависящая от конструкции опорно-поддерживающих элементов (0,05 – 0,2 м).

2. СХЕМА УСИЛЕНИЯ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ

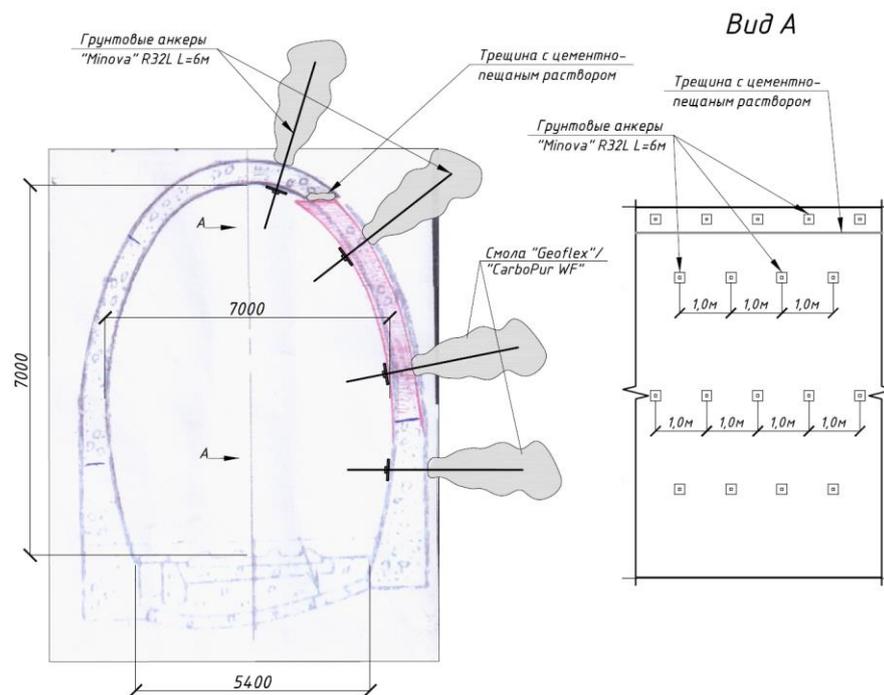


Рис. 2. Схема установки анкеров

Длину и шаг установки анкеров определяют в зависимости от инженерно- гидрогеологических условий.

3. ПРИМЕНЕНИЕ АНКЕРНЫХ СИСТЕМ “Minova MAI SDA”

Технология устройства самозабуривающихся буро-инъекционных анкеров получила в последние годы широкое распространение, потому что позволяет существенно снизить трудозатраты и сроки проведения работ, повысить технологичность, максимально сократить использование ручного труда и обеспечить надёжность возводимых конструкций.

Данная технология применяется для решения следующих задач:

Усиление обделок подземных сооружений (тоннели, шахты);

- усиление обделок подземных сооружений (тоннели, шахты);
- устройство новых и усиление существующих фундаментов зданий и сооружений, в том числе и исторических;
- укрепление склонов и насыпей при расширении горных дорог, возле существующих зданий и сооружений, мостов и т.д.;
- устройство подпорных стен и ограждающих конструкций котлованов.

Самозабуривающиеся буро-инъекционные анкера представляют собой полую металлическую конструкцию в виде отдельных стержней, соединённых муфтами с использованием одноразовой буровой коронки. При необходимости все составные элементы конструкции поставляются с антикоррозийным покрытием в виде горячего оцинкования.

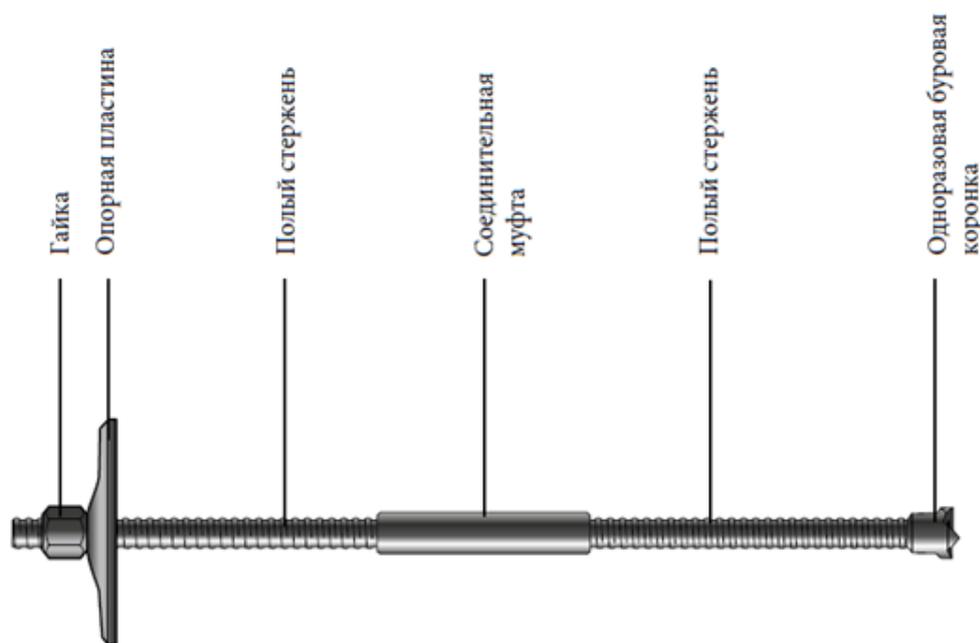


Рис. 3. Самозабуривающийся анкер в сборе

Анкерные системы типа “Minova MAI SDA” имеют следующие преимущества по сравнению с традиционными штанговыми анкерами из арматурной стали:

- Отпадает необходимость в проведении таких рабочих операций как бурение под защитой обсадных труб, а также заведение и последующее натяжение стального каната. Чем выше опасность обрушения стенок скважины, тем рациональнее использование самозабуривающихся грунтовых анкеров.

- Благодаря возможности использования легкого бурового оборудования данная технология может применяться в стеснённых условиях.

- Одновременное бурение и нагнетание цементного раствора (смолы) через пустотелый стальной стержень значительно ускоряет и упрощает процесс устройства анкеров.

При инъектировании цементного раствора (смолы) под давлением при одновременном ударно-вращательном бурении приводит к уплотнению грунта и, в целом, улучшению его строительных свойств.

- Работы выполняются без выемки грунта и соответственно его дальнейшего удаления.

- Позволяет выполнять ремонтные работы при минимальных перерывах в движении поездов.

4. ТЕХНОЛОГИЯ УСТАНОВКИ АНКЕРОВ “MINOVA”

Для установки анкеров на технологической железнодорожной платформе оборудуют сборно-разборные подмости. В тоннеле укладывают трубопровод для обеспечения сжатым воздухом.

Возможно использование электрического компрессорного оборудования. В этом случае, в тоннеле устраивают силовую кабельную линию с соблюдением требований охраны труда, устройством систем контроля изоляции, обеспечивающих безопасность работы персонала.

Установка самозабуривающихся анкеров Minova MAISDA осуществляется с использованием бурового оборудования вращательного или ударно-вращательного действия. Выбор соответствующей установки (инструмента) зависит от:

- объемов работ;
- условий выполнения работ;
- инженерно- геологических условий;
- необходимых параметров самозабуривающегося анкера, глубины установки (длины), диаметра).

Для выполнения ремонтных работ в железнодорожных тоннелях, учитывая стесненные условия, рекомендуется применять анкеры типа R25 или R32 соответственно диаметром 25 мм и 32 мм длиной 6-8 м. Установка этих анкеров может выполняться с использованием ручных буровых молотков (перфораторов).

Ручное оборудование необходимо применять в сочетании с опорой для бурового молотка (перфоратора) или мобильным монтажным механизмом, что значительно облегчает работу оператора, снижает утомляемость и повышает производительность труда. Мобильные приспособления собирают на месте. Опора для бурового молотка размещается в пределах конструкции и, обычно, опирается на заднюю перекрёстную стойку.



Рис. 4. Установка анкера

Установка анкеров может проводиться:

- раздельно в два этапа, а именно на первом этапе забуривание анкера, на втором этапе – закрепление анкера путем инъецирования цементным или композитным раствором.

- в один этап. При этом бурение и инъецирование (цементацию) производят одновременно.

При выполнении ремонтных работах в тоннелях в скальные породы рекомендуется раздельная установка анкеров в две стадии анкеров в два этапа.

Применение смолы вместо традиционного цементно-песчаного или цементного раствора позволяет существенно сократить сроки выполнения работ, так как смола имеет довольно короткий период твердения (от одного до нескольких часов). Это в свою очередь позволяет анкеру воспринимать проектные нагрузки практически сразу после инъецирования, и выполнять работы с минимальными перерывами в движении поездов.



Рис. 5. Обделка тоннеля усиленная анкерами

При значительных объемах ремонтных работ для установки анкеров целесообразно применять малогабаритные буроинекционные установки, что позволяет значительно сократить сроки выполнения ремонтных работ. Габариты установки должны обеспечить работу механизма в тоннеле.



Рис. 6. Общий вид буроинекционная установка

5. РЕКОМЕНДУЕМОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

5.1. Буровое оборудование Autorock Drill



Рис. 7. Общий вид

Технические характеристики оборудования «Autorock Drill»

Таблица 1

Параметр	Значение
Вес с глушителем, кг	26,5
Общая длина, мм	650
Диаметр отверстия, мм	80
Ход, мм	60
Привод	пневматический
Рабочее давление, бар	4-6
Оптимальное рабочее давление воздуха, бар	5
Расход воздуха при 6 бар, м ³ /мин	4,14
Вращающий момент, Нм	47
Количество оборотов, об/мин.	163

Буровое оборудование Autorock Drill обеспечивает:

- управление дистанционное, через вынесенный блок управления, одним человеком;
- регулируемая высота раздвижки;
- регулируемые скорости бурения и подачи;
- пониженный уровень шума и вибрации;
- установка анкерной крепи осуществляется без смещения буровой установки;

- в буровой установке используется стандартный бурильный молоток, который располагается между двумя телескопическими стойками, входящие в конструкцию рамы;
- используется стандартное давление воздуха (при 0,5 МПа расход составляет 4,14 м³/мин) и воды (10 л/мин при 0,5 МПа);
- буровой молоток закрепляется внутри распорной рамы, чтобы облегчить обслуживание по замене буровой штанги на адаптер и анкер или на пневматический ключ с ударным воздействием при использовании механических анкеров;
- буровая установка распирается на месте проведения работ по бурению шпуров за счет пневмоцилиндров расположенных на раме.

5.2. Оборудования для инъектирования

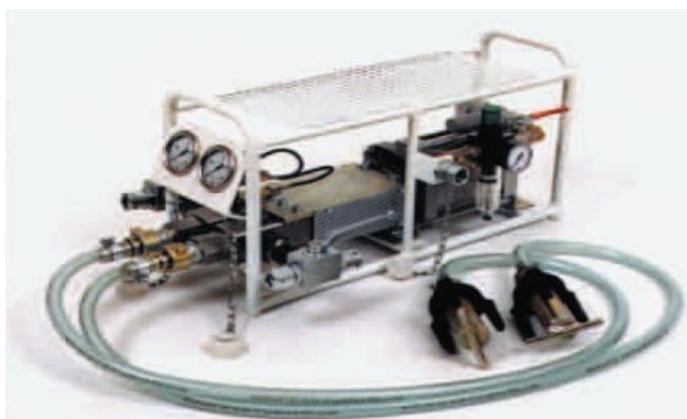


Рис. 8. Насос для инъектирования двухкомпонентных смол

Пневматический насос **СТ-GX 5-II (СТ-DP-35)** предназначен для инъекционных работ одно- и двухкомпонентными материалами.

Насос имеет регулировку по производительности и рабочему давлению и допущен к эксплуатации в соответствии с европейскими нормами и стандартом ZTV-ING.

Насос оборудован измерительной аппаратурой, позволяющей контролировать рабочее давление.

Область применения

Насос предназначен для инъектирования полиуретановых и силикатных одно- и двухкомпонентных смол, например, производства фирмы «**Minova CarboTech GmbH**».

Техническое описание

Пневматический поршневой насос **СТ-GX 5-II (СТ-DP-35)** работает по принципу преобразования давления. Отношение диаметра поршня пневмопривода к диаметру высоконапорного поршня соответствует

передаточному числу, которое составляет 34:1. Насос состоит из пневматической приводной части и блока высокого давления. Приводная часть и блок высокого давления соединены штоком. На конце штока находятся оба поршня высокого давления, расположенные параллельно и соединенные с помощью траверсы. Благодаря такому разделению приводной части и блока высокого давления исключается попадание нагнетаемой смолы в пневмопривод. Штоки изготовлены из высокопрочной, высококачественной стали и характеризуются большим сроком службы. Седло клапана изготовлено из закаленной стали, а прокладки – из износостойкого материала ПТФЭ (политетрафторэтилен).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА СТ-GX 5-II

Таблица 2

Диаметр воздушного поршня, мм	125
Длина хода поршня, мм	95
Диаметр высоконапорного поршня, мм	15
Диаметр штока поршня, мм	21
Передаточное число	34:1
Рабочий объем, см ³	34
Скорость подачи полимерного состава, л/мин	0,3-5
Максимальное рабочее давление привода, бар	200
Максимальное давление привода, бар	6
Расход воздуха, м ³ /мин	0,5
Длина, мм	630
Ширина, мм	200
Высота, мм	320
Масса, кг	28

5.3. Пневматический насос СТ-DP-40

Пневматический насос **СТ-DP-40**, как и насос СТ-DP-35 предназначен для инъекционных работ одно- и двухкомпонентными материалами.

Насос имеет регулировку по производительности и рабочему давлению и допущен к эксплуатации в соответствии с европейскими нормами и стандартом ZTV-ING.

Насос оборудован измерительной аппаратурой, позволяющей контролировать рабочее давление.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА СТ-ДР-40

Таблица 3

Характеристика	Значение
Рабочее давление пневмопривода, бар	5,5-6,0
Максимальный расход воздуха, м ³ /мин	5
Максимальное давление нагнетания, бар	190
Темп подачи полимерного состава, л/мин	0,5-20,0
Длина, мм	940
Ширина, мм	470
Высота, мм	490
Масса, кг	120

6. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИНЪЕКТИРОВАНИЯ

6.1. Органоминеральная двухкомпонентная смола ГЕОФЛЕКС (GEOFLEX)

Область применения:

- упрочнение нарушенных зон угольных пластов;
- предотвращение отжима породы в очистных и подготовительных забоях;
- тампонаж горного массива для уменьшения газопроницаемости;
- анкерование горных пород с упрочнением окружающего массива.

Общая характеристика

Органоминеральная смола «Геофлекс» (Geoflex) состоит из двух жидких компонентов, которые в объемном соотношении 1:1 при помощи насоса подаются отдельно по шлангам, перемешиваются в смесителе и через анкерную систему и герметизатор нагнетаются в упрочняемый массив. Реакция компонентов начинается в смесителе, а полное отверждение полимерной смеси происходит через 3-4 минуты после смешивания компонентов.

Основные преимущества:

- отверженная смола способна деформироваться под влиянием нагрузок при сохранении своей несущей способности;
- объем смолы после реакции компонентов не увеличивается, что не приводит к повышению трещиноватости и разрушению упрочняемого угольного массива.

Оборудование для проведения работ:

компактные двухкомпонентные насосы с подачей компонентов в объемном соотношении 1:1 с гидравлическим или пневматическим приводом, а также принадлежностями для нагнетания. Принадлежности для нагнетания: нагнетательные и сливные шланги, запорные краны, ниппели, соединительные муфты и скобы, статический смеситель с пластиковым смесительным элементом.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЙ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ СМОЛЫ «ГЕОФЛЕКС» (GEOFLEX)

Таблица 4

Параметр	Значение
Время начала реакции при 25°C	2'00"±30"
Время окончания реакции	3'45"±35"
Температура реакции, °C	98
Фактор вспенивания	1

6.2. Двухкомпонентная инъекционная смола «КарбоПур ВФ» (CarboPur WF)

Область применения

«КарбоПур ВФ» (CarboPur WF) – это очень быстро реагирующая двухкомпонентная инъекционная смола, без фреонов и галогенов, предназначенная для тампонирувания и укрепления водоносных зон

Класс клеящего вещества: моментально склеивающее.

Применяется для:

- укрепление обводненной и водоносной породы;
- изоляция с целью защиты от притока воды на дамбах, в паркингах, тоннелях метро, коллекторах, подвалах, а также из почвы;
- санация обводненных подземных сооружений;
- множество прочих областей применения.

Технические характеристики

Указанные данные получены на основании лабораторных исследований. При использовании продукта они могут измениться за счет теплообмена между смолой и породой, влажности, а также под действием давления и прочих факторов.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛА «КАРБОПУР ВФ» (CarboPur WF)

Таблица 5

Показатель	Ед. изм.	КарбоПур ВФ	КарбоПур Б	Норма
Плотность при 25°С	кг/м ³	1025 ± 30	1230 ± 30	DIN 12791
Цвет		медовый	темно-коричневый	
Температура вспышки	°С	> 200	> 200	DIN 53213
Вязкость при 25°С	мПа·с	290 ± 50	200 ± 50	ISO 3219
Вязкость при 15°С	мПа·с	550 ± 80	500 ± 100	

Состав и свойства

«КарбоПур ВФ» (CarboPur WF) – это смесь различных полиэфирных полиолов и присадок, которая вместе с продуктом «Карбо Пур Б» (CarboPur В), в результате реакции, превращается в вязкую полиуретановую смолу.

Применение.

Оба компонента, «КарбоПур ВФ» (CarboPur WF) и «Карбо Пур Б» (CarboPur В), в объемном соотношении 1:1, подаются через двухкомпонентный насос. Перед подачей в предварительно подготовленный шпур, тщательно смешиваются посредством статической мешалки, затем через затвор шпура (герметизатор) впрыскиваются в породу. **Контактируя с водой, смола вспенивается.** Образующаяся в результате реакции смесь вытесняет прежнюю; за отсутствием воды она, не вспениваясь, затвердевает и превращается в плотный, непористый материал. Таким образом получается водонепроницаемая оболочка, за которой в глубоких слоях находится ранее отложившаяся порода, укрепленная вспененным полиуретаном. Для того, чтобы достичь перманентного тампонирувания и укрепления, требуется всего один рабочий день.

**ПАРАМЕТРЫ РЕАКЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
СМОЛЫ «КАРБОПУР ВФА» (CarboPur WFA)**

Таблица 6

Показатель	При отсутствии контакта с водой		При контакте с водой	
	10°С	15°С	10°С	15°С
Исходная температура				
Начало вспенивания			1'20" ± 30"	0'45" ± 10"
Время схватывания/ Окончание вспенивания	0'43" ± 5"	0'33" ± 5"	1'40" ± 30"	1'10" ± 20"
Фактор вспенивания	1	1	2 – 20	2 – 12

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МАТЕРИАЛА «КАРБОПУР ВФА» (CarboPur WFA)**

Таблица 7

Показатель	Ед. изм.	КарбоПур ВФА	КарбоПур Б
Плотность при 25°С	кг/м ³	1010 ± 30	1230 ± 30
Цвет		медовый	темно-коричневый
Температура вспышки	°С	> 200	> 200
Вязкость при 15°С	мПа·с	470 ± 50	500 ± 100
Вязкость при 10°С	мПа·с	725 ± 70	820 ± 150

Состав и свойства

«КарбоПур ВФА (CarboPur WFA) – это смесь различных полиолов и присадок, которая вместе с продуктом «Карбо Пур Б» (CarboPur В), в результате реакции, превращается в вязкую полиуретановую смолу.

«Карбо Пур Б» (CarboPur В) представляет собой полиизоцианат.

Обработка

Оба компонента, «КарбоПур ВФА» (CarboPur WFA) и «Карбо Пур Б» (CarboPur В), в объемном соотношении 1:1 подаются через двухкомпонентный насос. Перед подачей в предварительно подготовленный шпур тщательно смешиваются посредством статической мешалки, затем через герметизатор впрыскиваются в породу.

Контактируя с водой, смола вспенивается. Образующаяся в результате реакции смесь вытесняет прежнюю; за отсутствием воды она, не вспениваясь, затвердевает и превращается в плотный, непористый материал.

При соответствующих условиях, в ходе одной технологической операции, получается водонепроницаемая оболочка. При особо сильном притоке воды рекомендуется использовать **«КарбоПур ВТ» (CarboPur WT)**. Для тампонирувания оставшихся трещин рекомендуется использовать **«КарбоПур ВФ» (CarboPur WF)** с более высокой проникающей способностью.