

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	4
2. Область применения	4
3. Нормативные ссылки	6
4. Определения	7
5. Исходные материалы	8
6. Торкрет-бетонные смеси, требования к их составу и качеству получаемого торкрет-бетона	10
7. Технология приготовления и нанесения торкрет-бетона на обрабатываемую поверхность	12
7.1. Приготовление сухой смеси	12
7.2. Подготовка поверхности, подлежащей торкретированию	12
7.3. Нанесение торкрет-бетона	13
7.4. Уход за торкрет-бетонным покрытием	16
7.5. Технология приготовления и нанесения на обрабатываемую поверхность торкрет-фибробетона	16
7.6. Правила контроля качества и приемки торкрет-бетонных работ	18
8. Конструктивные решения торкрет-бетонных покрытий, примеры технического исполнения	19
9. Требования безопасности производства, охраны труда и окружающей среды	29
10. Приложение 1. Примеры применения торкрет-бетона при строительстве и ремонте гидротехнических сооружений	31
11. Приложение 2 (обязательное). Определения	35
12. Приложение 3. Оборудование, применяемое при методе сухого торкретирования	36
13. Приложение 4. Форма журнала производства работ при выполнении торкрет-бетонных покрытий	37

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие «Методические рекомендации» предназначены для использования проектными и строительными организациями, занимающимися вопросами ремонта и строительства бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.

Торкретирование – прогрессивный способ нанесения на обрабатываемую поверхность одного или нескольких слоев раствора или бетона из цемента, песка, щебня или гравия и воды, осуществляемого под давлением сжатого воздуха. Торкретирование используется при производстве работ, связанных с возведением, ремонтом или восстановлением несущих и ограждающих строительных конструкций и гидротехнических сооружений. Торкретирование допускает использование стальной арматуры, сеток, армокаркасов или различные виды дисперсного армирования с фиброй, как металлической, так и неметаллической, в зависимости от назначения конструкций и свойств, заданных проектом.

В результате нанесения раствора или бетона на поверхность под давлением образуется уплотненный слой торкрет-бетона, свойства которого в ряде случаев выше, чем у вибрируемого бетона. Торкрет-бетон обладает повышенной механической прочностью при сжатии и растяжении, водонепроницаемостью, лучшим сцеплением с поверхностью обрабатываемой конструкции, быстрее набирает прочность при равных условиях ухода за бетоном.

Преимущество торкретирования перед другими методами состоит в полной механизации процессов, обычно требующих больших затрат труда, и в соединении в одной технологической операции транспортирования, укладки и уплотнения бетона.

Торкрет-бетон обладает достаточной начальной адгезией и хорошо держится на потолочных и вертикальных поверхностях, не требует опалубки. Гибкий транспортный трубопровод легко проходит через узкие места, поэтому производство работ по торкретированию может осуществляться не только в свободном пространстве, но и в стесненных условиях.

Однако недостатком метода торкретирования является повышенный (по сравнению с штукатурным методом нанесения) расход цемента и заполнителей и загрязнение места производства работ за счет отскока материалов от защищаемой поверхности. Поэтому применение данного метода должно быть обусловлено технико-экономическим обоснованием.

С момента появления первого патента, имеющего отношение к регистрации метода торкретирования в 1911 г. и выданного в США Карлу Э.Эйкли, сам этот метод и оборудование для его осуществления претерпели значительную эволюцию, получив широкое распространение в разных странах.

Настоящие «Методические рекомендации» рассматривают широкий спектр применения торкрет-бетонных покрытий при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций гидротехнических сооружений, в них учтены экспериментальные и практические данные, полученные в отечественной и зарубежной практике в последний период.

Значительное внимание уделено технологическим вопросам получения и применения в строительной практике торкрет-фибробетона, особенностям создания защитных покрытий с использованием этого материала. В последнее время успех применения торкрет-фибробетона связан с оптимизацией параметров дисперсного армирования и зависит от характеристик используемых фибр: их прочности и объемного содержания в торкрет-бетоне, диаметра и длины фибр, соотношения между диаметром и длиной, профиля и качества их поверхности, обуславливающих анкеровку в бетонной матрице, а также от технологических приемов создания защитных покрытий. Применение фибр в качестве армирующих компонентов в торкрет-бетоне повышает его способность к пластической деформации, трещиностойкость, прочность при растяжении и изгибе, сопротивление к динамич-

ческим и огневым воздействиям, при этом частичное или полное исключение из сечения торкрет-бетонного покрытия традиционной стержневой арматуры создает предпосылки для снижения трудозатрат при производстве работ и сокращения сроков строительства.

Сформулированы требования к подбору исходных материалов для получения рассматриваемых покрытий (к бетону, стальным фибрам), а также рекомендации и правила, касающиеся технологии их нанесения. Представлены примеры различных вариантов конструктивных решений торкрет-бетонных и торкрет-фибробетонных покрытий применительно к подземным и наземным строительным объектам.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие «Методические рекомендации» распространяются на проектирование и производство работ с применением торкрет-бетона (ТУ 5745-001-16216892-06, разработанных ЗАО «Служба защиты сооружений»), наносимого на обрабатываемую поверхность методом воздушного распыления под давлением сухим методом (см. Приложение 1) при возведении, ремонте и восстановлении строительных конструкций и гидротехнических сооружений.

1.2. Покрытия, получаемые из торкрет-бетона, должны соответствовать конструктивным решениям, представленным в утвержденной проектной документации и удовлетворять требованиям нормативных источников и государственных стандартов.

1.3. Используемые для получения торкрет-бетона исходные материалы должны храниться в соответствии с требованиями стандартов или технических условий на эти материалы.

1.4. Работы по устройству торкрет-бетонных покрытий должны выполняться специально обученными рабочими (операторами), имеющими опыт выполнения торкрет-бетонных работ.

1.5. Качество торкрет-бетонных покрытий должно систематически контролироваться и фиксироваться в журналах на производство работ и в актах по их приемке.

1.6. Содержание настоящих «Методических рекомендаций» основывается на данных научно-исследовательских работ, проведенных в НТЦ СКМ «ОАО «НИИЭС» и опыта компании ЗАО «Службы защиты сооружений» по производству торкрет-бетонных работ в практике строительства и реконструкции объектов гидротехнических сооружений.

1.7. Требования настоящих «Методических рекомендаций» должны учитываться при проектировании объектов строительства и реконструкции и при разработке задания на производство торкрет-бетонных работ.

2. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

2.1. Рассматриваемый в настоящих «Методических рекомендациях» торкрет-бетон (ТУ 5745-001-16216892-06) предназначается для устройства конструкционных несущих и защитных покрытий, наносимых на обрабатываемую поверхность (подложку) различного функционально-строительного назначения: поверхность скальной (горной) породы, опалубки, кирпичной кладки, бетона, грунта или поверхность предварительно нанесенного слоя торкрет-бетона и др.

2.2. Покрытия из торкрет-бетона могут выполняться в виде неармированного или армированного металлической сеткой, фибрами, либо в виде комбинированного конструктивного решения, в том числе в сочетании с крепежными анкерными элементами.

2.3. Области применения торкрет-бетона предусматривают создание покрытий (см. п.2.1) с использованием данного материала:

А) В процессе производства работ при возведении новых зданий и сооружений (см. таблицу 2.1 и Приложение 1):

Таблица 2.1

№ п/п	Конструкции
1	Временная обделка (крепь) гидротехнических, в том числе напорных туннелей и водоводов различного сечения
2	Крепление камерных выработок в скальных массивах средней и низкой прочности для подземных машзалов, трансформаторных помещений и камер затворов при подземной компоновке зданий ГЭС
3	Облицовка откосов и дна ирригационных каналов, деривационных каналов ГЭС
4	В качестве дополнительного элемента при креплении котлованов, в том числе методом «стена в грунте»

Б) При выполнении ремонтно-восстановительных работ гидротехнических сооружений (см. таблицу 2.2 и Приложение 1):

Таблица 2.2

№ п/п	Конструкции	Дефекты и повреждения, подлежащие ремонту торкрет-фибробетоном
1	Плотины и здания ГЭС	- Отслоение защитного слоя бетона; - Места непроработанного бетона, сколы, раковины на поверхности бетона.
2	Железобетонные и сталежелезобетонные турбинные водоводы ГЭС, ГАЭС	- Разрушение наружной бетонной обделки; - Места непроработанного бетона.
3	Бычки водосливных плотин с нижнего и верхнего бьефов и бычки зданий гидроэлектростанций со стороны нижнего бьефа*	- Морозные разрушения в зонах переменного уровня*
4	Потерны и галереи в теле плотин	- Зоны непроработанного бетона, каверны
5	Туннели**	- Значительный износ лотков туннелей наносами; - Каверны, вымоины, ямы, раковины, свищи в бетоне; - Чрезмерная шероховатость обделки, наличие выступов от сдвижки опалубочных щитов; - Некачественная заделка бетоном замка бетонного свода, наличие мест непроработанного бетона;
6	Железобетонные крепления откосов	- Отслоение защитного слоя бетона.
7	Подпорные стенки, камеры шлюзов	- Зоны непроработанного и разрушенного бетона - Отслоение защитного слоя бетона.
8	Плиты крепления верхних откосов грунтовых плотин и ж/б экраны каменно-набросных плотин*	- Коррозионные и механические разрушения бетонной поверхности; - Морозные разрушения бетона в зоне переменного уровня*
9	Водобойные колодцы, гасители, рассекатели*	- Морозные разрушения бетона в зоне переменного уровня*

10	Откосы и дно ирригационных каналов, подводящих и отводящих каналов зданий ГЭС	- Коррозионные и механические разрушения бетонной поверхности
----	---	---

Примечания: *В зонах переменного горизонта воды применяется торкрет-бетон с обеспечением проектных требований по морозостойкости.

** Гидротехнические туннели, работающие при скоростях потока менее 20м/с.

2.4. «Методические рекомендации» содержат требования, касающиеся применения и контроля качества исходных материалов, технологических методов получения торкрет-бетонных покрытий, условий и порядка производства работ, в том числе с учетом размещения в получаемых покрытиях арматурных сеток, фибр, варианты конструктивных решений торкрет-бетонных покрытий, примеры их технического исполнения, требования по технике безопасности, правила контроля качества и приемку осуществляемых работ.

3. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 26633-91	Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
МГСН 2.09-03	Защита от коррозии бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений.
ГОСТ 10178-85	Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
ГОСТ 22266-94	Цементы сульфатостойкие.
ГОСТ 965-89	Портландцемент белый.
ГОСТ 15825-80	Портландцемент цветной.
ГОСТ 8736-93	Песок для строительных работ. Технические условия.
ГОСТ 26633-91	Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
ГОСТ 9757-90	Гравий. Щебень и песок искусственные пористые.
ГОСТ 8267-93	Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
ГОСТ 24211-20023	Добавки для бетонов и строительных растворов.
ГОСТ 25818-91	Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов.
ГОСТ 25592-91	Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов.
ТУ 5743-048-02495332-96	Микрокремнезем конденсированный.
ТУ 5745-001-16216892-06	Торкрет-бетон. Технические условия
ГОСТ 23732-79	Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
ГОСТ 13015-2003	Изделия железобетонные и бетонные для строительства.
ГОСТ 12.1.005-88	ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
ГН 2.2.5.1313-03	Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормы.
ГН 2.2.5.1314-03	Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы.
СанПин 2.2.2.1385-03	Гигиенические требования к предприятиям производства строительных материалов и конструкций.
ПРМЗ и МП № 90	О порядке проведения медицинских осмотров работников и медицинских регламентах допуска к профессии.
МЗ и СР № 83-04	Приказ №83 от 16.08.04 Министерства здравоохранения и социального развития РФ. Об утверждении перечней и (или)

СН 2.2.4/2.1.8.562-96	опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры, и порядка проведения этих осмотров.
СН 2.2.4/22.1.8.566-96	Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территории жилой застройки.
ГН 2.2.5.1314-03	Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
ГОСТ 12.4.011-89	Ориентировочные безопасные уровни воздействия вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
ГОСТ 12.4.103-83	ССБТ Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
ГОСТ 17.2.3.02-78	ССБТ Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук.
ГН 2.1.6.1338-03	Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
ГН 2.1.6.1339-03	Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
ГОСТ 28570-90	Ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
ГОСТ 10180-90	Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.
ГОСТ 18105-86	Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
ГОСТ 12730.5-84*	Бетоны. Правила контроля прочности.
ГОСТ 10060.0-95	Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
ГОСТ 28089-89	Бетоны. Методы определения морозостойкости.
ГОСТ 28574-90	Конструкции строительные стеновые.
ГОСТ 27325-87	Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные.
ГОСТ 12730.3-89	Детали и изделия из древесины и древесных материалов.
ГОСТ 12730.1-78	Бетоны. Методы определения водопоглощения.
ГОСТ 13087-78	Бетоны. Методы определения плотности.
ГОСТ 24452-80	Бетоны. Методы определения истираемости.
ГОСТ 10181.1-81	Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.
ГОСТ 10181.4-81	Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.
ВСН 126-90	Смеси бетонные. Методы определения расслаиваемости.
	Крепление выработок набрызг-бетоном и анкерами при строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов.
	Нормы проектирования и производства работ.
СП 52-104-2006	Свод правил по проектированию и строительству. Сталефибробетонные конструкции.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящих «Методических рекомендациях» использованы термины с соответствующими определениями, приведенными в Приложении 2 (обязательное).

5. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

5.1. Для получения торкрет-бетона должны использоваться следующие основные компоненты: вяжущие, заполнители, добавки, затворитель-вода. При обосновании в состав торкрет-бетонной смеси могут быть введены также армирующие компоненты – фибры и для создания декоративной поверхности – пигменты.

5.2. Вяжущие.

В качестве вяжущего для торкрет-бетона могут быть использованы:

- портландцемент и шлакопортландцемент по ГОСТ 10178;
- сульфатостойкий цемент по ГОСТ 22266;
- белый портландцемент по ГОСТ 15825.

5.3. Заполнители.

В качестве заполнителей в торкрет-бетоне могут быть использованы:

- песок по ГОСТ 8736, ГОСТ 26633;
- щебень или гравий по ГОСТ 8267;
- легкие заполнители по ГОСТ 9757.

5.3.1. Гранулометрический состав заполнителей должен соответствовать графику отсева (см.рис.1.1).

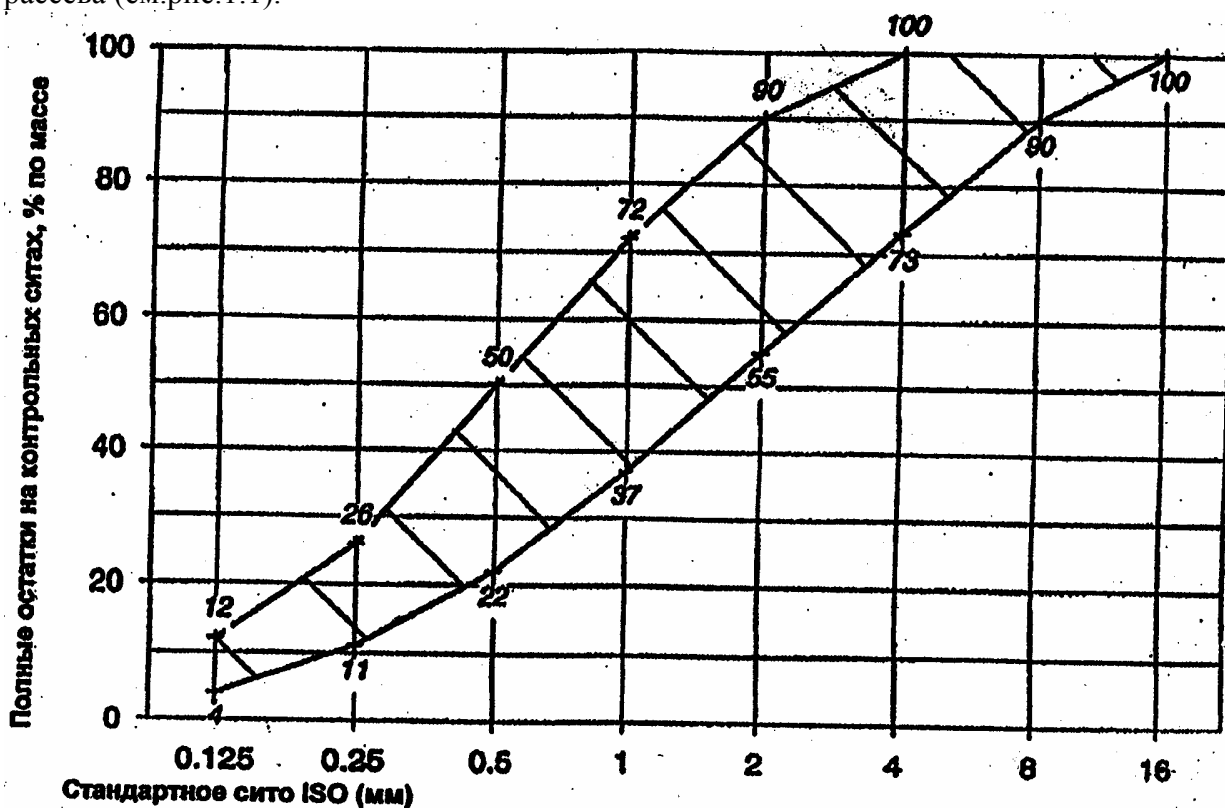


Рис.1.1. Требуемый гранулометрический состав заполнителей.

5.3.2. Песок, используемый для получения торкрет-бетонной смеси должен иметь следующие характеристики:

- модуль крупности – не менее 2 (использование песка с модулем крупности менее 2 допускается при специальном обосновании);
- относительная влажность – не менее 2% и не более 7%.

Примечание. При относительной влажности менее 2% процесс производства работ сопровождается большим выделением пыли, возникновением неблагоприятных условий для осуществления этих работ оператором-сопловщиком. При относительной влажности

более 7% возникают технологические трудности транспортирования сухой смеси в трубопроводе.

- предельное содержание глинистых частиц – до 0,5%;
- содержание зерен фракций меньше 0,14 мм – до 10%;
- предельное содержание фракций крупнее 5 мм – не более 5%.

5.3.3. Максимальный размер крупных частиц заполнителей следует назначать с учетом технических характеристик используемого оборудования и толщины наносимого торкрет-бетонного покрытия: В покрытиях толщиной до 5 см максимальный размер зерен крупного заполнителя не должен превышать 10 мм.

5.3.4. Для получения торкрет-бетона следует использовать фракции заполнителя с гладкой округленной поверхностью. Применение фракций заполнителя на основе дробленых материалов не рекомендуется, поскольку форма их поверхности приводит к усложнению технологического процесса и транспортирования свежеприготовленной смеси в трубопроводе (в шлангах) торкрет установки, обуславливает ускоренный износ резиновых уплотнителей и самих трубопроводов, сокращая срок их службы, увеличивает опасность последствий при рикошете в процессе распыления торкрет-бетонной смеси.

5.3.5. Для приготовления торкрет-бетонной смеси должны применяться фракционированный и мытые заполнители.

5.4. Добавки для торкрет-бетона.

В торкрет-бетон для достижения необходимых характеристик могут вводиться химические и минеральные добавки, соответствующие требованиям ГОСТ 24211, в том числе:

- зола по ГОСТ 25818 и ГОСТ 25592;
- микрокремнезем по ТУ 7-249533-01-90;

Все добавки (пластификаторы, ускорители твердения, стабилизирующие и т.д.) должны соответствовать требованиям Технических условий, по которым они выпускаются.

5.5. Пигменты для окрашивания торкрет-бетона должны соответствовать требованиям Технических условий, по которым они выпускаются.

5.6. Металлическая и неметаллическая фибра, используемая в торкрет-фибробетоне, должна соответствовать требованиям нормативных документов (ГОСТ или ТУ), по которым она выпускается.

5.7. Все материалы, применяемые в изготовлении торкрет-бетона, должны иметь Сертификаты соответствия системы ГОСТ и санитарно-эпидемиологические заключения.

В случае применения торкрет-бетона на объектах хозяйственно-питьевого водоснабжения все составляющие торкрет-бетон компоненты должны иметь соответствующее разрешение Роспотребнадзора.

5.8. Вода для приготовления торкрет-бетона должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732.

5.9. В качестве армирующих компонентов торкрет-фибробетонной смеси следует применять, как правило, стальные фибры, получаемые из проволоки, листа, сляба, расплава. Стальные фибры могут иметь круглую форму или другую конфигурацию поперечного сечения с приведенным диаметром d_f в пределах не более 0,4-0,6 мм и профилем (периодическим, волнистым, деформированным по концам или иным по длине, улучшающим анкеровку в торкрет-бетоне).

Приведенный диаметр фибры $d_f = 1,13 \sqrt{S_f}$, где S_f - площадь поперечного сечения фибры.

5.11. Соотношения между геометрическими параметрами используемых компонентов торкрет-фибробетонной смеси должны удовлетворять условиям:

максимальный размер $C_{\max}$ зерен крупного заполнителя в торкрет-фибробетоне определяется из выражения:

$$C_{\max} = 0,925 \sqrt[3]{\frac{d_f^2 l_f}{\mu_{fv}}}$$

но не более 10 мм, где d_f и l_f – диаметр и длина, соответственно, используемых фибр; μ_{fv} – коэффициент фибрового армирования по объему;

Длина l_f используемых фибр должна соответствовать следующим пределам

$$2C_{\max} \leq l_f \leq 0,5 D_{\text{ш}}$$

где $D_{\text{ш}}$ – диаметр трубопровода (шланга) для пневмотранспортирования торкрет-фибро-бетонной смеси к соплу.

При этом должно соблюдаться также условие $100 d_f \geq l_f \geq 50 d_f$, где d_f – приведенный диаметр фибр.

5.12. На поверхности фибры не должно быть смазки, кроме следов технологической смазки. Поверхностные дефекты фибры (риски, царапины), а также налет ржавчины не являются браковочными признаками.

5.13. Упаковка для фибр должна обеспечивать предохранение их от воздействия влаги при транспортировании и хранении. Масса фибр в одной упаковке должна быть 15-50 кг.

6. ТОРКРЕТ-БЕТОННЫЕ СМЕСИ, ТРЕБОВАНИЯ К ИХ СОСТАВУ И КАЧЕСТВУ ПОЛУЧАЕМОГО ТОРКРЕТ-БЕТОНА

6.1. Торкрет-бетон должен соответствовать требованиям ГОСТ 26633, МГСН 2.09-03, ТУ 5745-001-16216892-06 в отношении мелкозернистых бетонов и изготавливаться в соответствии с технологическим регламентом (раздел Б). **Ответственность за использование и подбор состава торкрет-бетонной смеси, отвечающей нормируемым требованиям, проектной и технологической документации лежит на производителе торкрет-бетонных работ.**

6.2. Выбор состава торкрет-бетонной смеси, в том числе в части заполнителей, воды и любых добавок или армирующего волокна, должен обеспечивать достижение всех технологических качеств и эксплуатационных характеристик, заданных для свежееуложенного и затвердевшего торкрет-бетона.

6.3 Минимальное содержание цемента в уложенном торкрет-бетоне должно быть 300 кг/м³.

6.4. Максимальное содержание микрокремнезема должно быть не более 15% от веса цемента.

6.5. Для торкрет-бетона установлены следующие классы по прочности на сжатие: В25, В30, В35, В40, В45, В50, В55, В60.

6.6. Для торкрет-бетона установлены следующие классы по прочности на растяжение при изгибе:

Btb 3,6; Btb 4,0; Btb 4,4; Btb 4,8; Btb 5,2; Btb 5,6; Btb 6,0.

6.7. В зависимости от требуемого класса торкрет-бетона по прочности на сжатие марку цемента следует назначать по табл.6.1.

Таблица 6.1

Класс торкрет-бетона	Марка цемента	
	рекомендуемая	допускаемая
B25	400	500
B30	400	500
B35	500	400,600
B40	500	400,600

B45	550	400,600
B50	550	500,600
B55	600	550
B60	600	550

6.8. Прочность сцепления торкрет-бетона с основанием (в дальнейшем адгезия), на которое он наносится, должна соответствовать требованиям табл.6.2, в которой указаны минимальные значения прочности сцепления с бетонной поверхностью и скальным грунтом в соответствии с пп.2.3.А и 2.3.Б.

Таблица 6.2

Вид адгезионного соединения в соответствии с областью применения	Вид обрабатываемой поверхности; минимальная прочность, МПа	
	Бетон	Скальный грунт
п.2.3.А	2,0	0,5
п.2.3.Б	1,0	0,1

6.9. Водонепроницаемость торкрет-бетона характеризуется маркой по водонепроницаемости W, коэффициентом фильтрации и водопоглощением и должна соответствовать требованиям табл.6.3

Таблица 6.3

Марка по водонепроницаемости, W	4	6	8	10	12
Коэффициент фильтрации, см/с, Кф	7×10^{-9}	2×10^{-9}	6×10^{-10}	1×10^{-10}	6×10^{-11}
Водопоглощение, %	до 5,7	до 4,7	до 4,2	до 4,0	до 3,8

6.10. Морозостойкость торкрет-бетона характеризуется марками F50, F75, F100, F150, F200, F300.

Примечания:

- 1) При расходе цемента, равном 500 кг на 1 м³ заполнителя и более, могут быть получены марки по морозостойкости F400, F500, F600.
- 2) В зависимости от условий эксплуатации торкрет-бетона, марки по морозостойкости назначаются при испытаниях в пресной или соленой воде.

6.11. В зависимости от конкретных условий изготовления и эксплуатации торкрет-бетона в проекте могут быть предусмотрены и другие нормируемые показатели качества (истираемость, кавитационная стойкость, модуль упругости, плотность и т.д.), которые должны быть обеспечены при производстве торкрет-бетона.

6.12. В зависимости от проектных решений качество поверхности торкрет-бетона после набрызга и дополнительных работ по отделке должна отвечать требованиям ГОСТ 13015 или оставаться необработанной.

6.13. Состав торкрет-бетонной смеси следует подбирать по массе в соответствии с методикой, приведенной в ВСН 126-90 / Минтрансстрой СССР с учетом технических параметров исходных материалов, используемых для этой смеси.

6.14. Расчетный (теоретический) состав торкрет-бетона необходимо корректировать по величине отскока путем проведения контрольных нанесений материала согласно методике, приведенной в ВСН 126-90.

Рекомендуется величину отскока принимать не более 20% от массы сухой смеси при нанесении на вертикальные стены и 30% - при нанесении на свод. В случае получения отскока больше приведенных величин состав торкрет-бетона следует изменять в сторону уменьшения размера крупного заполнителя.

Оптимальным составом торкрет бетона будет такой, когда при наименьших значениях расхода цемента и величины отскока достигается проектная прочность бетона покрытия.

7. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И НАНЕСЕНИЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНА НА ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

7.1. Приготовление сухой смеси

7.1.1. Сухую цементно-песчаную смесь приготавливают на стационарных растворных узлах или непосредственно на месте производства работ. Централизованное приготовление целесообразно при обслуживании нескольких торкрет-машин, при работе без добавок или с жидкими добавками, а также в стесненных условиях. В случае централизованного приготовления смеси технологическая схема упрощается (отпадает необходимость в смесителе), а размеры занимаемой оборудованием площадки на месте производства работ уменьшаются.

7.1.2. Срок доставки и хранения приготовленной смеси не должен превышать 3 ч. Более продолжительный промежуток времени между приготовлением и расходом сухой смеси приводит к ее комкованию и снижению активности цемента.

7.1.3. При больших расстояниях от растворного узла до места производства работ, небольших объемах работ, а также при работе с порошкообразными добавками и с применением быстросхватывающихся и быстротвердеющих цементов смесь следует готовить на месте производства работ.

7.1.4. Состав сухой смеси для торкретирования определяет производитель работ с учетом проектных физико-механических и иных требований к укладываемому торкрет-бетону.

7.1.5. Дозировать компоненты сухой смеси (цемент и песок) следует по массе. Приготавливают сухую смесь на месте производства работ в растворомешалках. При малых объемах работ (при площади торкретирования до 50 м²) сухую смесь допускается готовить вручную при условии тщательного перемешивания цемента и песка до получения однородной смеси.

7.2. Подготовка поверхности, подлежащей торкретированию

7.2.1. Поверхность перед нанесением торкрет-бетонного слоя должна быть очищена от грязи, пыли, краски, сажи, пятен мазута и других масляных пятен.

7.2.2. Выявленные путем простукивания отслаивающиеся части основного массива обрабатываемой поверхности должны быть удалены. Наплывы раствора и цементного молока, а также участки слабого бетона следует удалять.

7.2.3. Поверхности бетона с образовавшейся цементной пленкой, а также гладко затертые и заглаженные поверхности тщательно обрабатывают для придания им шероховатости с целью увеличения прочности сцепления торкрета с основанием. Обработку поверхности ведут химическим травлением, скребками, металлическими щетками, зубилами, пескоструйным оборудованием, гидромониторами высокого давления.

7.2.4. Поверхность, имеющую раковины глубиной 5 см, выветрившиеся и дефектные ее части следует расчистить с устройством насечек на «здоровой» поверхности. Для предотвращения скапливания «отскока» края раковин должны быть расчищены с наклоном наружу под углом 45°. Углы и ребра следует закруглять. Раковины глубиной более 5 см с размером сторон на поверхности более 10-12 см следует предварительно расчистить и после продувки и промывки заделать вручную жестким раствором (В/Ц = 0,45-0,5) состава цемент: песок из расчета 1 : 3 (по массе).

7.2.5. При торкретировании по металлической сетке, а также при торкретировании железобетонных поверхностей, имеющих отколы защитного слоя, арматура должна быть очищена от грязи и ржавчины.

7.2.6. Обработанная поверхность перед нанесением торкрет-бетонной смеси должна быть продута сжатым воздухом и промыта напорной струей воды. Продувку и промывку выполняют непосредственно перед торкретированием при помощи сопла торкрет-установки гидромонитором. Подготовленная поверхность должна быть предохранена от повторного загрязнения.

Наносить торкрет на неувлажненную поверхность не допускается, так как при этом происходит потеря воды из свежеложенного материала, что резко снижает адгезию и прочность торкрет-бетона в пограничном слое.

Примечание: Промывка исключается, когда торкрет-бетон наносят на слабые породы, склонные к размоканию, или на породы с отрицательной температурой.

7.2.7. При наличии фильтрации или сосредоточенных течей на поверхности воду отводят с помощью наружного дренажа (метод «шланга»). При этом в местах течей пробуриваются шпury глубиной 10-20 см, в которые устанавливают водоотводные трубки диаметром 12-19 мм, соединенные с резиновыми шлангами. Располагают шланги в специальных каналах, устраиваемых по поверхности, и заделывают с помощью быстросхватывающегося цементного теста.

7.2.8. При нанесении торкрет-бетона на поверхность с отрицательной температурой следует предварительно очистить ее от кусков льда, продуть сжатым воздухом и при необходимости обработать струей песка. Промывать поверхность водой во избежание образования ледяной корки не следует.

7.2.9. Армирование торкрет-бетона производится следующим образом. На всей поверхности, подлежащей торкретированию, пробиваются отверстия диаметром 16-20 мм и глубиной 150-250 мм на расстоянии 400-500 мм одно от другого, в которые на цементном растворе заделывают штыри (анкеры) диаметром 8-10 мм с загнутыми концами. Вместо штырей могут быть использованы также болты. К анкерам вязальной проволокой прикрепляют арматуру диаметром 3-6 мм в виде сетки со стороной квадрата от 100 – 150 мм. Вместо отдельных прутков арматуры к анкерам может быть прикреплена готовая сетка, употребляемая при оштукатуривании стен. Сетку со стороной квадрата 100 мм устанавливают до начала торкретирования, с более частым расположением арматурных стержней – после нанесения первого слоя торкрет-бетона. Сетку следует устанавливать не ближе 10 мм от поверхности основания.

7.3. Нанесение торкрет-бетона

7.3.1. Производство работ при торкретировании производится, как правило, при температуре массива конструкции и воздуха не ниже 5 °С. В случае более низких температур в состав сухой смеси или в воду затворения следует вводить противоморозные добавки в соответствии с требованиями ТУ 5745-001-16216892-06 «Торкрет-бетон. Технические условия».

7.3.2. Перед нанесением торкрет-бетона необходимо проверить состояние подготовленной к торкретированию поверхности конструкции. Если промывка производилась заблаговременно и поверхность высохла, то до нанесения первого торкрет-бетонного слоя промывку следует повторить.

7.3.3. Основным условием получения торкрет-бетона требуемого качества является соблюдение правильной технологии его нанесения. Параметры режима торкретирования (давление в шланге, скорость вылета бетона из сопла, водоцементное отношение, расстояние между соплом и торкретируемой поверхностью) оказывают большое влияние на конечные физико-механические и эксплуатационные характеристики нанесенного слоя (сцепление нанесенного слоя с основанием, прочность слоя на сжатие, его водонепроницаемость, плотность и количество «отскока»).

7.3.4. Рабочее давление в торкрет-установке (принципиальная схема комплекта оборудования для метода сухого торкретирования – Приложение 2) в зависимости от конструкции машины, расстояния от торкрет-установки до торкретируемой поверхности и длины материальных шлангов должно быть в пределах от 0,2 до 0,6 МПа. Давление в водяном баке должно быть на 0,05-0,1 МПа больше рабочего давления в торкрет-установке. Во время торкретирования давление воздуха в торкрет-установке и давление воды в водяном баке должно быть постоянным.

7.3.5. Скорость вылета струи материала выбирают в зависимости от диаметра сопла и его расстояния до торкретируемой поверхности. Оптимальная скорость выхода, позволяющая получить наибольшую прочность покрытия, находится в пределах 140-170 м/с.

7.3.6. В начале работ, а также после каждого перерыва в работе подачу воды в сопло следует регулировать с помощью крана, расположенного на водопроводящем трубопроводе. Необходимое количество подаваемой воды определяют визуально путем пробного нанесения торкрет-бетонной смеси на специальный щит, установленный недалеко от торкретируемой поверхности. Правильно увлажненная торкрет-бетонная масса имеет при выходе из сопла форму «факела» из смеси одинакового цвета, а поверхность торкрет-бетона – жирный блеск. При недостатке воды в смеси на поверхности торкрет-бетона появляются сухие пятна и полосы и у места торкретирования скапливается много пыли. Избыток воды приводит к оплыванию смеси и образованию «мешков» на поверхности.

При правильной подаче воды к соплу «отскок» материала от торкретируемой поверхности основания при нанесении первого слоя раствора составляет 30-35 %, затем по мере увеличения толщины покрытия количество «отскока» снижается.

7.3.7. Торкретируют поверхность послойно. При нанесении первого слоя сопло должно находиться на расстоянии 80-100 см от торкретируемой поверхности. Последующие слои наносят при меньшем расстоянии между соплом и поверхностью, но оно не должно быть менее 50 см.

7.3.8. Число слоев при нанесении торкрет-бетонного покрытия и толщина каждого слоя зависят от толщины покрытия и определяются проектом. Минимальная толщина слоя торкрет-бетонного покрытия составляет 5-7 мм. Обычно толщина слоя наносимого торкрет-бетона составляет 20-40 мм, при этом торкрет-бетонное покрытие общей толщиной более 40 мм необходимо укладывать не менее чем в два слоя, так как резко вырастает вероятность оплывания бетона. Увеличение числа слоев торкрет-бетона, наносимых последовательно, улучшает водонепроницаемость покрытия.

7.3.9. Сопло при работе следует непрерывно перемещать равномерно по спирали, держа его строго перпендикулярно торкретируемой поверхности. При торкретировании по арматуре сопло необходимо несколько наклонять, для того чтобы заполнить пустоты за арматурой.

7.3.10. В целях повышения стабильности процесса нанесения торкрет-бетона и уменьшения образования пробок в шланге торкрет-установку следует располагать по возможности ближе к месту работ.

7.3.11. Торкретирование ведут горизонтальными полосами высотой 1-1,5 м по всей ширине поверхности.

Торкретирование вертикальных поверхностей следует производить снизу вверх, чтобы «отскок» падал на уже заторкретированную, несколько отвердевшую, поверхность. Для соблюдения этого условия необходимо разбить на участки фронт работ таким обра-

зом, чтобы торкретирование вести отдельными горизонтальными полосами с постепенным переходом от нижних полос к вышележащим.

7.3.12. При торкретировании по металлической сетке слой торкрет-бетона должен покрыть металлическую сетку на 30-40 мм, причем выступающие концы штырей должны быть покрыты слоем толщиной около 8-10 мм. Необходимо следить за тем, чтобы торкрет-бетон не оплывал, так как это может привести к образованию пустот между прутьями арматуры, обнаружить и устранить которые крайне трудно.

7.3.13. Толщину торкретбетонного покрытия в процессе нанесения следует контролировать с помощью специальных маяков (из цементного теста, либо в виде металлических штырей), устанавливаемых в наиболее характерных точках сечения тоннеля, или с помощью передвижных лекал, а также маркшейдерскими замерами.

Толщину слоя нанесенного торкрет-бетона следует проверять тонким шилом или проволокой, прощупывая свежий слой в нескольких местах. Избыточно нанесенный толстый слой торкрет-бетона в отдельных местах при необходимости должен быть срезан мастерком до схватывания раствора. В местах, где толщина слоя торкрет-бетона недостаточна, необходимо шилом делать пометки для дополнительного нанесения торкрет-бетона. Поверхность торкрет-бетона должна быть ровной и не иметь бугров или впадин больше 5-7 мм.

7.3.14. При производстве работ нельзя допускать скопления «отскока» в отдельных местах. «Отскок» по мере его накопления следует убирать. Особенно тщательно необходимо следить за скоплением и своевременной уборкой «отскока» при торкретировании по сетке.

7.3.15. Затирку торкрет-бетонного слоя производить не рекомендуется, так как качество торкрет-бетона при этом ухудшается. С учетом проектных требований к шероховатости поверхности бетона гидротехнических сооружений (ВСН 31-83/Минэнерго СССР), для получения гладкой поверхности следует нанести под затирку дополнительный слой толщиной 5-7 мм на мелком песке с тем, чтобы основные торкрет-бетонные слои не были бы ослаблены. Затирку следует производить сразу же после нанесения дополнительного слоя (до начала схватывания цемента).

7.3.16. Каждый последующий слой торкрет-бетона с ускорителем схватывания следует наносить не ранее чем через 20 мин (на стены) и через 40 мин (на свод) после укладки предыдущего слоя во избежание деформации и нарушения структуры в свежешелом торкрет-бетоне под воздействием струи. Если последующий слой наносят с перерывом более 2 ч (при положительной температуре окружающей среды), то предыдущий слой следует увлажнять распыленной струей воды. При отсутствии в смеси ускорителей схватывания и твердения интервалы времени между нанесением отдельных слоев должны составлять не менее 4 ч. Если перерыв превысит 4 ч, поверхность следует продуть и промыть. В случае загрязнения торкретируемой поверхности ее необходимо очистить от грязи, а также продуть и промыть.

7.3.17. Поверхности, фильтрующие воду, следует торкретировать после устранения течей, так как вследствие фильтрации торкрет-бетон может отслоиться от ремонтируемой поверхности.

7.3.18. Наносить торкрет-бетон на поверхность с наличием щелей, трещин и раковин больших размеров, снижающих прочность сооружений, запрещается.

Не рекомендуется заделывать торкрет-бетоном узкие щели, так как в таких местах трудно добиться хорошего качества уплотнения торкрет-бетона. В этих случаях перед торкретированием необходимо либо раскрыть (расширить) трещины, либо их заделать.

7.3.19. После окончания работ, а также при длительном перерыве (более 40 мин) торкрет-установка и шланг подачи смеси должны быть тщательно продуты воздухом, а сопло и смесительная камера разобраны, промыты и просушены.

7.3.20. В процессе производства торкрет-бетонных работ следует вести журнал, являющийся основным документом при приемке работ. Журнал заполняют по окончании каждой смены. Форма журнала приведена в Приложении 2.

7.4. Уход за торкрет-бетонным покрытием

7.4.1. Торкрет-бетон в период схватывания и твердения должен быть предохранен от замораживания, высыхания, механических повреждений и химических воздействий: в течение 6 ч – при применении специальных быстротвердеющих, расширяющихся цементов, а также добавок-ускорителей схватывания и в течение 3 сут – при использовании обычных цементов без добавок-ускорителей.

7.4.2. Торкрет-бетонное покрытие через 8-10 ч после нанесения необходимо увлажнять распыленной струей воды. Режим увлажнения назначают в зависимости от температуры воздуха (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Показатели режима	Температура воздуха в тени, °С			
	20	30	40	50
Наименьшее число увлажнений торкрет-бетона в течение суток	2	4	6	8
То же при воздействии солнца на ремонтируемую поверхность	3	6	9	12

Примечание. При температуре воздуха ниже +5 °С увлажнять торкрет-бетон не следует. При относительной влажности воздуха более 90 % можно смачивать торкрет-бетон один раз в сутки.

Вода, используемая для поливки торкрет-бетона, должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к воде, применяемой для затворения торкрет-бетонной смеси.

7.4.3. Предохранять поверхность торкрет-бетона от высыхания можно также, покрывая ее пленкообразующими составами (например: этинолевым лаком, пленкообразующим составом ВПСД методом распыления).

7.4.4. В условиях непосредственного воздействия солнечных лучей на торкретируемую поверхность и сильного ветра, помимо регулярной поливки в процессе твердения торкрет-бетона, его поверхность следует укрывать полиэтиленовой пленкой или влажной мешковиной.

7.4.5. При внезапном падении температуры воздуха ниже 0 °С свежий торкрет-бетон должен быть закрыт теплосберегающими матами, мешками с опилками и т.п. Торкрет-бетонные работы должны быть прекращены, а укрытые места указаны в журнале торкрет-бетонных работ для последующего проведения тщательной проверки качества торкрет-бетона на этих участках.

7.4.6. Во время сильного дождя работы по нанесению торкрет-бетонного покрытия должны быть прекращены. Свежий, еще не схватившийся слой торкрет-бетона следует предохранять от дождя, так как он может быть смыт или поврежден.

7.4.7. В случае необходимости исправления дефектных участков торкретированной поверхности (оплывы, отслоения выкрашивания, мелкие отдельные трещины) срубание торкрет-бетона следует начинать не раньше, чем он достигнет 50 %-ной проектной прочности. Срубать следует лишь тот слой торкрета, который отслаивается от предыдущего или непосредственно от исходной поверхности. Дефектные места после вырубki очищают, промывают струей распыленной воды и вновь торкретируют.

7.5. Технология приготовления и нанесения на обрабатываемую поверхность торкрет-фибробетона

7.5.1. Для фибрового армирования торкрет-фибробетона принимается стальная фибра: фрезерованная из слябов (ТУ 0882-193-46854090); резаная из стального листа (ТУ 0991-123-53832025); рубленая из проволоки (ТУ 1211-205-46854090).

7.5.2. Если использование торкрет-фибробетона предназначается для конструкций, при эксплуатации которых могут иметь место воздействия повышенных температур, в том числе взрыва, пожара, в этом случае в сухую смесь, наряду со стальными волокнами целе-

сообразно вводить полипропиленовые волокна толщиной (диаметром) ≈ 30 мкм в количестве 1,8-2,5 кг/м³.

7.5.3. Рекомендуется производить дозирование фибр (если они поставляются в россыпи) в одном технологическом цикле при приготовлении сухой смеси по регламенту, предусматривающему совмещение (смешивание) этих фибр с сухими компонентами (мелким и крупным заполнителем) бетонной смеси.

7.5.4. Сухие смеси для торкрет-фибробетона должны приготавливаться в стационарных условиях производства: на действующих БСУ или специально оборудованных постах, либо на передвижных установках (бетоносмесителях).

7.5.5. При получении сухих смесей и торкрет-бетонных составов с использованием стальных фибр следует предупреждать образование сцепившихся друг с другом комков (клубков) фибр в объеме рассматриваемых смесей и составов. Для предотвращения возможности образования комков фибр необходимо при прочих равных условиях уменьшать относительную длину (l_f/d_f) фибр, размеры и содержание зерен крупного заполнителя, повышать подвижность получаемой смеси при мокром методе торкретирования, соблюдать правила технологического регламента.

7.5.6. При получении сухих смесей и торкрет-фибробетонных составов процесс введения в них стальных фибр должен быть постепенным и непрерывным. Данный процесс может быть реализован разными технологическими вариантами, в том числе:

- с использованием бетоносмесителя принудительного действия. Вначале в него добавляют песок, а фибру в процессе перемешивания песка подают через сито (вибросито), установленное над бетоносмесителем. После получения смеси песка и фибр осуществляют погружение ее в мешки, либо получаемую смесь загружают в передвижной бетоносмеситель, в который, после его транспортирования на рабочую площадку, добавляют цемент.
- С использованием смесительного агрегата и транспортера. Процесс осуществляют в два этапа:
 1. Приготовление сухой смеси мелкого и крупного заполнителя в смесительном агрегате.
 2. Постепенная и непрерывная укладка на движущийся транспортер слоя заполнителей смеси с введением в этот слой равномерным потоком стальных фибр с последующим транспортом их в бункер, из которого осуществляют загрузку смеси в тару (ящики, мешки).
 Дозирование обеспечивают скоростью движения ленты транспортера с учетом заданной толщины слоя дозируемых компонентов. Фибру подают на ленту смесительного транспортера через рыхлитель-дозатор или через вибросито.
- с использованием шнекового конвейера в сочетании с дозатором фибр.

7.5.7. Фибры, объединенные в пакеты с помощью водорастворимого клея, следует постепенно и непрерывно поставлять непосредственно в бетоносмеситель в процессе перемешивания в нем компонентов бетона без применения дополнительных устройств и агрегатов.

7.5.8. Для загрузки фибр в передвижной бетоносмеситель следует использовать желоб из тонколистовой стали, пропущенный внутрь смесительного барабана. Поток фибр необходимо направлять в перемешиваемую смесь, но не на лопасти бетоносмесителя.

7.5.9. С целью получения однородной смеси компонентного бетона и стальных фибр следует ограничивать в пределах технологического регламента время перемешивания смеси. Интервал времени перемешивания не должен превышать, как правило, 3 минуты. Установление рабочих интервалов времени перемешивания производят опытным путем при освоении технологического процесса.

7.5.10. Нанесение покрытий из торкрет-фибробетона осуществляют традиционным способом: сухим или мокрым методами с использованием существующего оборудования,

к которому добавляют технологические узлы, предназначенные для дозирования массы стальных фибр.

7.5.11. При создании покрытий из торкрет-фибробетона следует учитывать, что значительная часть стальных фибр оказывается во внешней части воздушного потока, многие из них сдуваются вблизи зоны удара незадолго до и после него. При этом в процессе проведения оценочных расчетов необходимо принимать во внимание, что величина отскока смесей, армированных стальными волокнами ниже значения, установленного для неармированного торкрет-бетона.

7.5.12. Для уменьшения отскока компонентов торкрет-фибробетона следует руководствоваться следующими правилами:

- увеличивать содержание мелких частиц в смеси;
- уменьшать отношение $\ell_{f,red}/d_f$;
- увеличивать подвижность смеси при мокром методе торкретирования до уровня, при котором получаемое покрытие сохраняет свою структурную прочность.

7.5.13. Величину отскока компонентов торкрет-фибробетона следует регулировать на стадии выявления критической толщины первого слоя (фаза 1) и последующего нанесения слоя на свежий торкрет-бетон (фаза 2).

На фазе 1 необходимо: более высокое содержание цемента, большее количество мелких частиц (зола, песок) в смеси, уменьшенное количество заполнителя с зернами крупного размера, подобранная влажность заполнителей, что в итоге способствует повышению сцепления материала наносимого слоя с основанием (со стеной) и уменьшению отскока.

После нанесения первого критического слоя (фаза 1) величина отскока при нанесении последующего слоя (фаза 2) снижается при условии обеспечения достаточной пластичности торкрет-фибробетонной смеси.

7.5.14. Для получения торкрет-фибробетонных покрытий следует использовать существующие торкрет-установки с внесением в них, с целью предотвращения возможного закупоривания волокнами отдельных узлов оборудования, необходимых коррективов, в том числе:

- устранить из рабочих органов установки коленчатые патрубки с изгибом под углом 90 градусов;
- обеспечить подбор шлангов одного диаметра. Создать надежные уплотнения в месте соединения шлангов (труб), обеспечивающие свободное транспортирование по шлангам смеси с волокнами;
- использовать шланги с внутренним диаметром не менее 50 мм для мокрого и 38 мм для сухого метода торкретирования. Диаметр шланга должен превышать как минимум в 2 раза длину волокна.

7.6. Правила контроля качества и приемки торкрет-бетонных работ

7.6.1. Контроль качества и приемки торкрет-бетонных работ должен выполняться в соответствии с проектом и осуществляться службой контроля качества предприятия - производителя работ, авторским надзором и заказчиком.

7.6.2. Контролю и приемке подлежат все нормируемые показатели качества торкрет-бетонной смеси и торкрет-бетона, также и торкрет-фибробетонной смеси и торкрет-фибробетона.

7.6.3. Контроль качества и приемку следует осуществлять в соответствии с требованиями настоящих «Методических рекомендаций» и ТУ 5745-001-16216892-06 «Торкрет-бетон. Технические условия».

7.6.4. Контроль качества уложенного торкрет-бетона должен включать визуальный осмотр и регулярное простукивание торкрет-бетонного покрытия легким молотком. На поверхности торкрет-бетона не должно быть усадочных трещин, вздутий и отслоений.

Глухой звук указывает на неплотность прилегания торкрет-бетона к поверхности или его отслаивание.

Недостаточно прочное сцепление торкрет-бетона с основанием может быть связано с тем, что торкрет-бетонный слой наносился не под прямым углом, сухая смесь не была в необходимой степени увлажнена или рабочая поверхность была плохо подготовлена. Все дефектные места следует обводить несмываемой краской с тем, чтобы в дальнейшем исправить их. Обнаруженные дефекты устраняют согласно рекомендациям п.7.4.7 настоящего «Методических рекомендаций».

7.6.5. При приемке работ должны быть предъявлены следующие документы: паспорта и акты испытаний цемента и заполнителей; сертификаты на арматуру, в том числе на стальные фибры (для торкрет-фибробетона); акты на скрытые работы (арматурные, подготовка поверхности); протоколы испытания торкрет-бетона на прочность, водонепроницаемость, морозостойкость (при необходимости) и т.д.; журнал торкрет-бетонных работ (Приложение 3).

7.6.6. Методы получения и размеры контрольных образцов из торкрет-фибробетона, правила их испытаний следует принимать аналогичными образцам из торкрет-бетона в соответствии с ТУ 5745-001-16216892-06 (раздел 6).

7.6.7. Для контроля равномерности распределения фибр в слоях торкрет-фибробетонного покрытия на стадии подбора состава исходной смеси и отработки режимов ее нанесения на обрабатываемую поверхность из различных участков получаемого покрытия до момента конца схватывания торкрет-фибробетона отбирают не менее 5 проб (объем пробы по толщине должен соответствовать проектному значению толщины наносимого слоя, а по размерам в плане – не менее 5-кратного размера фибры) с последующей их отмывкой и определением количества фибр в каждой пробе.

Отмывку фибр, их высушивание и взвешивание принимают по аналогии с требованиями ГОСТ 10181-2000 «Смеси бетонные. Методы испытаний».

После отмывания проб водой, извлечения из них фибр, их высушивания и взвешивания следует определить значение коэффициента однородности K_o для этого покрытия:

$$K_o = \frac{m_{f.p}}{m_f} = \frac{V_{пр} \mu_f \rho_{st}}{100 m_f}$$

где $V_{пр}$ – объем торкрет-фибробетона в каждой пробе; μ_f – заданное (проектное) значение коэффициента фибрового армирования по объему в %; ρ_{st} – плотность стали; $m_{f.p}$, m_f – регистрируемая и выявленная масса фибр в объеме каждой пробы.

8. КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ТОРКРЕТ-БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ, ПРИМЕРЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ

8.1. В качестве основания для нанесения торкрет-бетона может служить любая поверхность со структурой, обладающей достаточной несущей способностью и сопротивлением переносить ударные воздействия распыляемой струи, при этом сама поверхность при нанесении на нее торкрет-бетона должна находиться в неподвижном состоянии.

8.2. Для обеспечения высокого качества торкрет-бетонного покрытия поверхность, подвергаемая обработке, должна иметь шероховатую структуру, прочное сопряжение с массивом конструкции, обладать соответствующей нормативным требованиям чистотой (пп.7.2.1; 7.2.2).

8.3. В зону поверхности, подвергаемой торкретированию в подземных сооружениях, не должна просачиваться вода. Если на поверхность возможно попадание воды, должны быть предусмотрены мероприятия по ее отводу за пределы запланированного торкрет-бетонного слоя, например, путем создания дренажного канала (рис.8.1). В качестве дрена

целесообразно использование эластичных желобов из синтетического материала. Для этих целей может также использоваться комбинация желоба и «дренажной» фольги (рис.8.2).

8.4. В процессе создания многослойного торкрет-бетонного покрытия, каждый предыдущий слой этого покрытия следует оставлять непокрытым в течение времени (п.7.3.16), необходимого для реализации процесса схватывания бетона. При этом новый торкрет-бетонный слой должен перекрывать усадочные трещины предыдущего, создавая в итоге структуру поперечного сечения, аналогичную чередованию стыков кирпичной кладки (рис.8.3).

8.5. Введение в торкрет-бетонное покрытие и закрепление в нем армирующих сеток может осуществляться различными способами, например, при укреплении поверхности скалы неправильной формы в несхватившийся слой нанесенного торкрет-бетона погружаются гнутые отрезки вязальной проволоки (рис.8.4), затем, в случае необходимости, наносится дополнительный слой торкрет-бетона, после набора минимальной прочности ($5-10 \text{ кг/см}^2$) которого осуществляется укладка и закрепление отрезками вязальной проволоки, предусмотренной проектом арматурной сетки, после чего последняя перекрывается окончательным слоем торкрет-бетона.

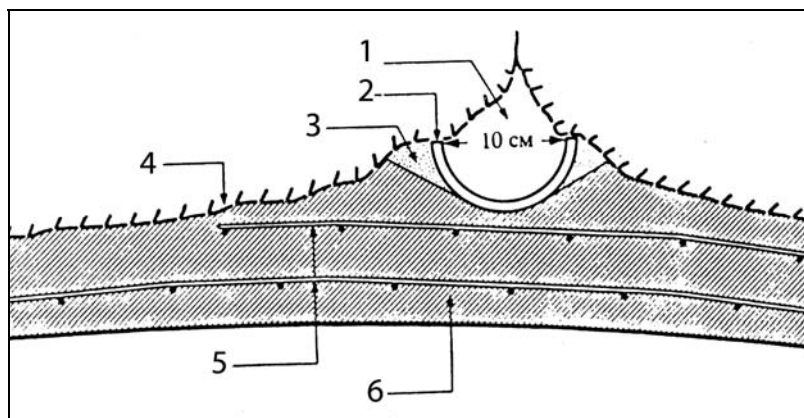


Рис.8.1. Пример устройства водоотвода (дрены) за пределы покрытия из торкрет-бетона. 1 – дрена; 2 – желоб; 3 – быстротвердевающий раствор; 4 – скальная порода; 5 – арматурная сетка; 6 – торкрет-бетон.

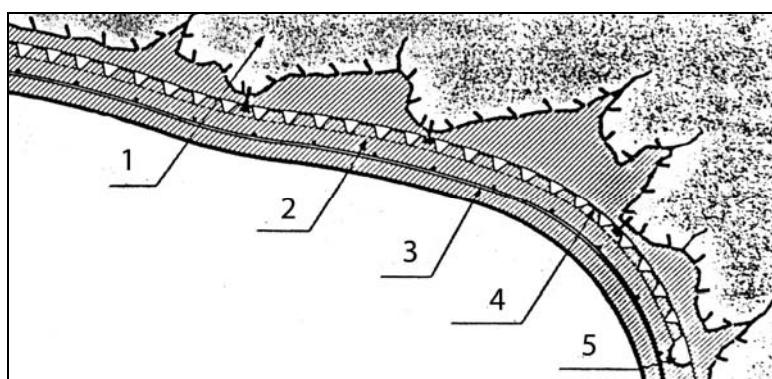


Рис.8.2. Поперечное сечение торкрет-бетонного покрытия с использованием в качестве водоотвода «дренажной» фольги и желоба. 1 – скала; 2- торкретбетон; 3 – арматурная сетка; 4 – «дренажная» фольга; 5 – желоб.

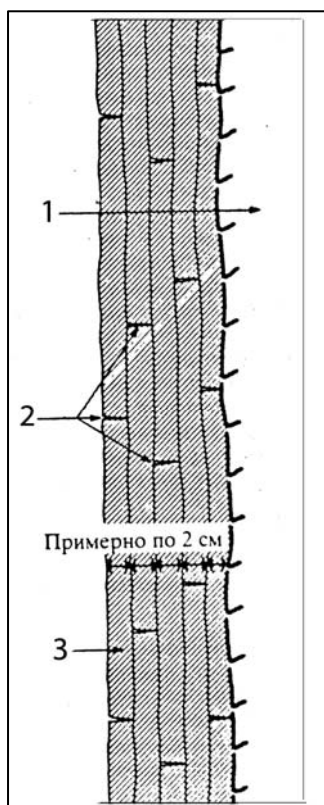


Рис.8.3. Схематическое изображение усадочных трещин в торкрет-бетоне при его правильном нанесении
1 – скальная порода; 2 – усадочная трещина; 3 – торкрет-бетон

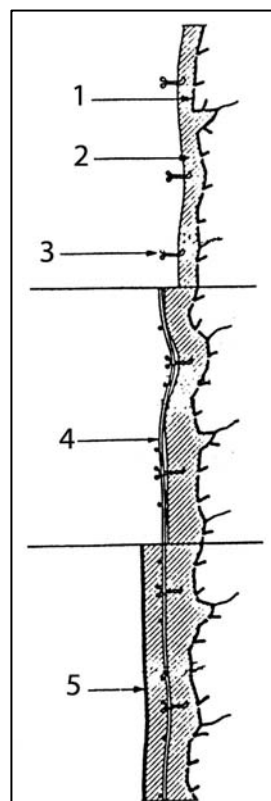
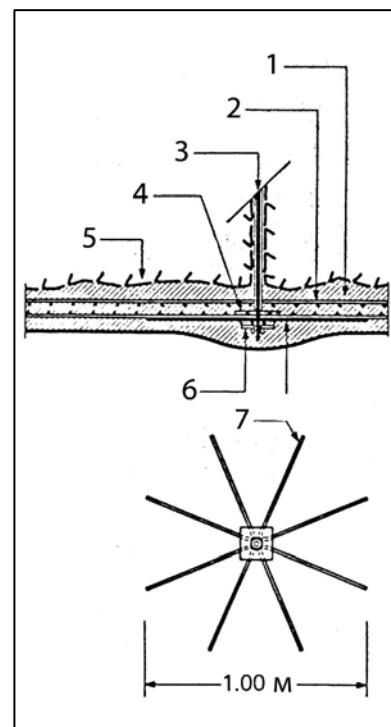


Рис.8.4. Крепление арматурной сетки вязальной проволокой
1 – очищенная скала; 2 – торкрет-бетон;
3 – введенная в слой торкрет-бетона вязальная проволока; 4 – арматурная сетка, закрепленная вязальной проволокой;
5 – готовая торкрет-бетонная отделка.

8.6. Для повышения эффективности соединения торкрет-бетонного покрытия с основанием, например, с горной породой в подземных сооружениях, следует использовать анкерные крепления, в том числе в сочетании с армирующими сетками (рис.8.5). Анкеры следует устанавливать рядами, желательно в шахматном порядке. Расстояния между анкерами, определяемые расчетом, должны указываться в проекте крепления. Анкеры рассчитывают по прочности по аналогии с требованиями строительных норм и правил на проектирование тоннелей, бетонных и железобетонных конструкций.

Рис.8.5. Армирование в области анкерной головки
1 – торкрет-бетон; 2 – арматурная сетка; 3 – анкер;
4 – слой раствора; 5 – скала; 6 – анкерная плита;
7 – двойная крестовина Ø10 мм.



8.7. Отверстия под анкеры следует бурить перед нанесением торкрет-бетона. В зависимости от принципов установки и по характеру восприятия и передачи нагрузок анкеры подразделяют на две группы: закрепляемые в породе концами и омоноличенные по всей длине.

Анкеры первой группы клиновидной конструкции, усилия которых возрастают по мере извлечения их из шпуров. Такие анкеры следует рассматривать в виде крепежных элементов нарастающего сопротивления. Анкеры второй группы (омоноличиваемые) обладают высокой жесткостью: при возрастании нагрузки до предельной у них практически не наблюдается перемещений. Коррозионная стойкость анкерной головки может быть обеспечена путем ее покрытия слоем торкрет-бетона.

8.8. При создании конструктивных решений торкрет-бетонных покрытий следует предусматривать специальные технологические мероприятия, учитывающие особенности и качество поверхности основания, на которое наносится покрытие, в том числе:

- при нанесении торкрет-бетона на бетонную поверхность следует обеспечить ее шероховатость, например, путем насечки, перед этим удалить при необходимости участки поверхности с пониженной прочностью, в том числе отслаивающиеся от массива конструкции, устранить имеющиеся на

поверхности загрязнения, снижающие качество сцепления торкрет-бетонного покрытия с бетонным основанием (рис.8.6).

- при нанесении торкрет-бетонного покрытия на земляной грунт следует принимать во внимание, что подобное покрытие способно связать только поверхностный слой грунта; перед созданием подобного покрытия с целью предотвращения оседания грунта рекомендуется сначала произвести его уплотнение.
- при нанесении торкрет-бетона на поверхность из естественного строительного камня следует тщательно устранить остатки строительного раствора из стыков между камнями с последующей их очисткой путем пескоструйной обработки (рис.8.7).

при необходимости создания покрытия из торкрет-бетона на металлических или деревянных поверхностях очистку их с целью повышения адгезионного сцепления рекомендуется осуществлять путем пескоструйной обработки. Целесообразно также сочетание торкрет-бетонного покрытия и арматурной сетки в комбинации, например, со стальным профилем (рис.8.8).

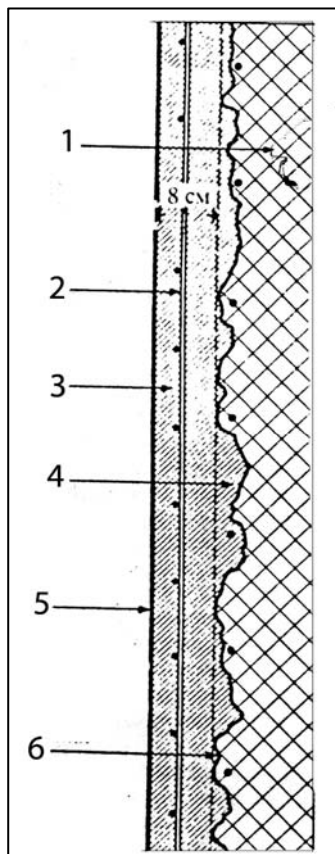


Рис.8.6. Восстановление бетонных поверхностей

- 1 – старый бетон; 2 – арматурная сетка;
 3 – торкрет-бетон; 4 – восстановленный профиль;
 5 – поверхность после затирки;
 6 – очищенная и пескоструйно обработанная поверхность старого бетона.

Рис.8.7. Восстановление кладки из естественного строительного камня

1 – кладка; 2 – арматурная сетка; 3 – старый раствор для расшивки швов; 4 – анкерная скоба; 5 – торкрет-бетон;
6 – поверхность после затирки; 7 очищенная поверхность кладки

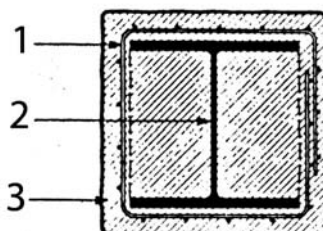
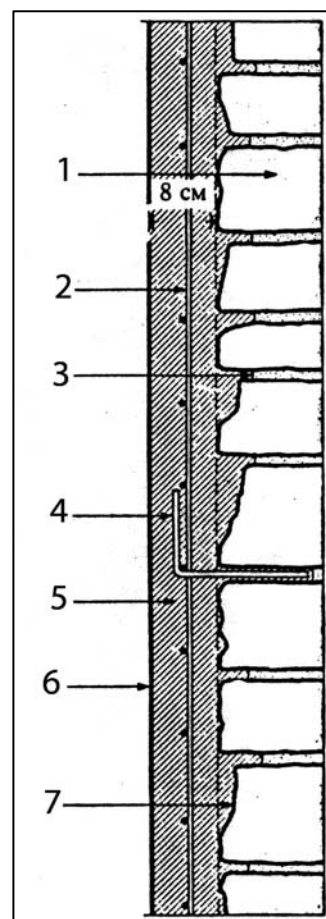


Рис.8.8. Создание колонны из стального профиля, упрочненного арматурной сеткой и торкрет-бетоном

1 – арматурная сетка; 2 – стальной профиль; 3 – торкрет-бетон

- при создании торкрет-бетонного покрытия, направленного на сплачивание, крепление и предотвращение перемещения горных пород, первоначально следует обеспечить поверхностное их упрочнение путем заполнения торкретом неровностей, щелей, раковин и затем облицовку всей поверхности торкрет-бетонным слоем, совмещенным с арматурной сеткой (рис.8.9).

8.9. Принципы укрепления откосов и склонов горных пород в условиях открытого пространства, например, на железнодорожных насыпях и автомобильных дорогах, вдоль каналов, в жилых районах, аналогичны принимаемым для подземных сооружений. Отличие конструктивных решений подобных покрытий при эксплуатации в условиях открытого пространства состоит в необходимости обеспечения их сопротивления к атмосферным

воздействиям, в том числе к колебаниям температуры, солнечному облучению, атмосферным осадкам.

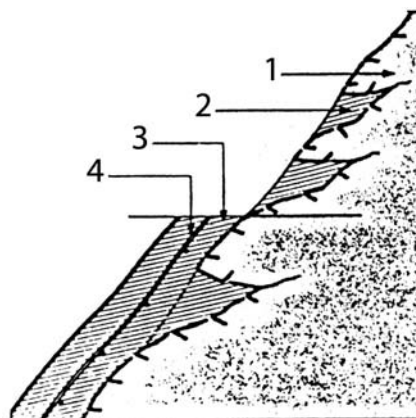


Рис.8.9. Конструктивное решение сплачивания скалы торкрет-бетонным покрытием
1 – скала; 2 – заполненные щели; 3 – торкрет-бетонное покрытие; 4 – арматурная сетка.

Для повышения эксплуатационных свойств таких покрытий в этих условиях, наряду с обеспечением необходимого уровня их плотности, прочности и морозостойкости, особое внимание следует уделять поиску оптимальных решений водоотвода с их поверхности атмосферных осадков, с использованием, например, вариантов представленных на рис.8.10.

8.10. Работы по восстановлению железобетонных стержневых элементов (балок, колонн) и плитных конструкций следует осуществлять с учетом устранения существующих повреждений и предотвращения их повторного возникновения. Конструктивные особенности производства данных работ связаны с нанесением торкрет-бетонных покрытий достаточно тонким слоем на больших поверхностях, при этом следует обеспечить надежное сцепление получаемого из торкрет-бетона защитного слоя (нового торкрет-бетонного покрытия) со «старым» бетоном, предварительно очистив от ржавчины «старую» арматуру и надежно защитить вновь установленные арматурные сетки (рис.8.11).

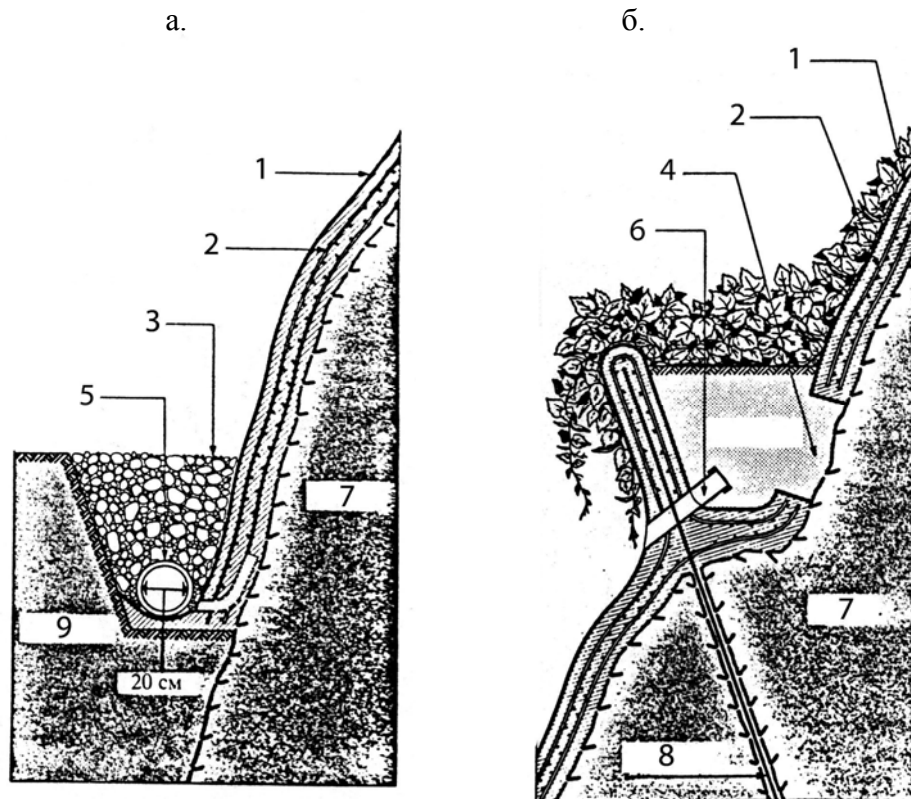


Рис.8.10. Упрочнение склона горной породы (скалы) торкрет-бетонным покрытием с различными вариантами водоотвода атмосферных осадков: с использованием дренажной системы (а) и водоотводящей трубы (б)

1 – торкрет-бетон; 2 – арматурная сетка; 3 – гравийный заполнитель; 4 – почва; 5 – дренажная труба; 6 – водоотводящая труба; 7 – скала; 8 – анкер; 9 – земля

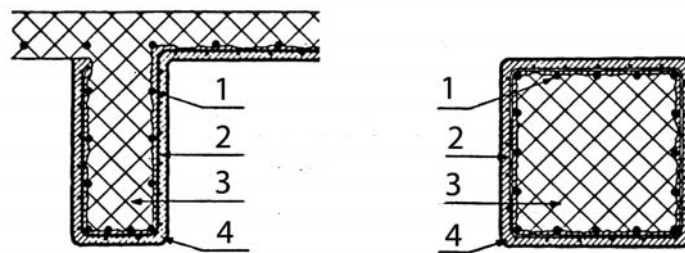


Рис.8.11. Восстановление железобетонных конструкций

1 – «старая» арматура; 2 – арматурная сетка; 3 – «здоровый» бетон; 4 – торкрет-бетон.

8.11. Для оценочных расчетов материального баланса конструктивных решений торкрет-бетонных покрытий из стандартной сухой смеси можно руководствоваться эмпирическим правилом (рис.8.12), состоящим в следующем:

- в основу расчета принимают единицу объема сухой смеси, например 1 м^3 (1000л), включающий заполнители с влажностью 3-6% и вяжущее (цемент), в соответствии с подобранным составом этой смеси;

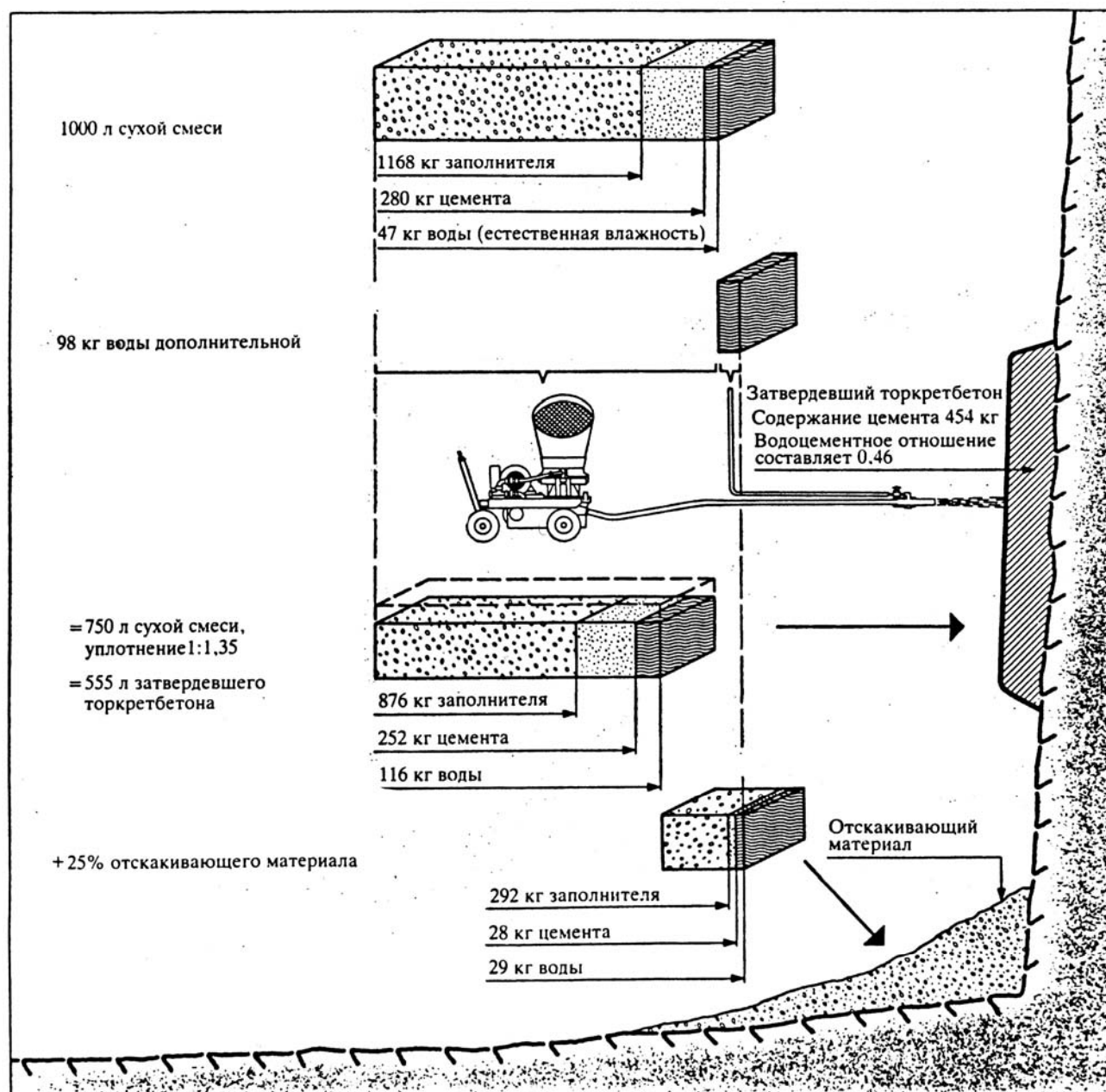


Рис.8.12. Материальный баланс торкрет-бетона из стандартной смеси

- выход сухой смеси тем больше, чем больше количество вводимого цемента (коэффициент выхода – отношение объема сухой смеси к объему заполнителей является функцией гранулометрического состава с учетом естественной влажности заполнителя и количества цемента в смеси);

Например, если из 1 м^3 заполнителя и 350 кг цемента получено $1,25\text{ м}^3$ сухой смеси, то в этом случае 1 м^3 сухой смеси содержит 280 кг цемента ($350:1,25 = 280$) рис.8.12.

- нормируемые производственные потери, связанные с отскоком материала составляют 25% объема исходной смеси при сухом методе торкретирования. Содержание цементного клея обволакивающего зерна заполнителя, при отскоке меньше, чем в исходной смеси. Общие потери при сухом методе торкретирования включает 25% заполнителя, примерно 10% первоначального количества цемента и 20% воды затворения;
- торкретирование сопровождается уплотнением смеси. Коэффициент уплотнения при сухом методе торкретирования составляет примерно 1,35.

Соответственно, из первоначального 1 м^3 сухой смеси получают $0,555\text{ м}^3$ готового торкрет-бетона с содержанием цемента 454 кг/ м^3 .

Таким образом, оставшиеся после отскока 75% объема сухой смеси уменьшаются примерно в 1,35 раза за счет уплотнения этого объема при нанесении его на обрабатываемую поверхность, в результате получение торкрет-бетонного покрытия h потребует в 1,8 раза больше количество сухой смеси t , т.е. $t \approx 1,8h$.

8.12. В покрытиях из торкрет-фибробетона объемное содержание фибр μ_{fv} должно соответствовать предусмотренному проектной документацией. Исходя из значения μ_{fv} следует устанавливать необходимое содержание фибр в исходной сухой смеси с учетом особенностей технологического процесса торкретирования. При этом для определения величины отскока фибр в оценочных расчетах следует ориентироваться на 25% от общего количества фибр, содержащихся в сухой смеси, а ее уплотнение при торкретировании принимать соответствующим величине 1,35.

Например, если принять, что в 1 м^3 торкрет-фибробетона объемное содержание фибр μ_{fv} должно быть равно 0,01 (1%), т.е. $78,5\text{ кг/ м}^3$, то соответственно исходный объем сухой смеси для получения 1 м^3 торкрет-фибробетона должен составлять $1,8\text{ м}^3$ (100%), а исходное содержание фибр в сухой смеси $98,125\text{ кг}$ (1,25%) с учетом потенциальных потерь в результате отскока). При этом рабочий объем сухой смеси (75% от величины исходного объема: $1,8 \cdot 0,75 = 1,35\text{ м}^3$) должен содержать 100% фибр, которые в результате должны соответствовать $\mu_{fv} = 0,01$ т.е. $98,125 : 1,25 = 78,5\text{ кг}$ в 1 м^3 торкрет-фибробетона.

8.13. При получении конструктивных решений покрытий из торкрет-фибробетона следует соблюдать положения, принятые ранее непосредственно для торкрет-бетона, с учетом технологических требований, изложенных в пп.9.1-9.13 настоящих «Методических рекомендаций».

8.14. Торкрет-фибробетон следует применять в тех случаях, когда возникает необходимость повышения физико-механических характеристик рядового торкрет-бетона, в том числе его прочностных показателей, сопротивления к атмосферным воздействиям, воздействиям повышенных температур, ударо- и трещиностойкости, истираемости, водонепроницаемости при частичном или полном исключении, из торкрет-фибробетонного покрытия традиционной стержневой арматуры (рис. 8.13 и 8.14).

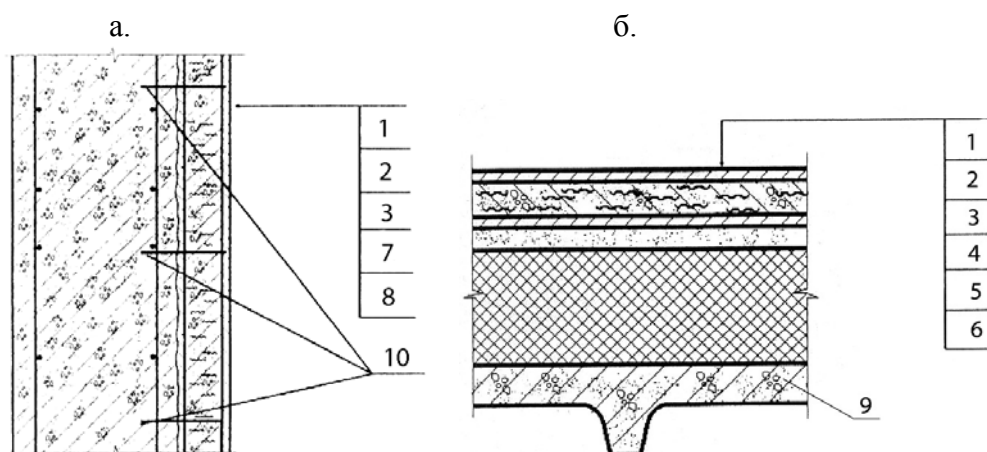


Рис.8.13. Примеры применения торкрет-фибробетонных покрытий в вертикальном (стена силоса – а) и горизонтальном (кровля – б) исполнениях

1 – отделочный слой; 2 – слой торкрет-фибробетона; 3 – адгезионный слой; 4 – цементно-песчаная подготовка; 5 – утеплитель; 6 – пароизоляция; 7 – очищенная поверхность железобетонной стены; 8 – железобетонная стена; 9 – железобетонная плита перекрытия; 10 – анкеры

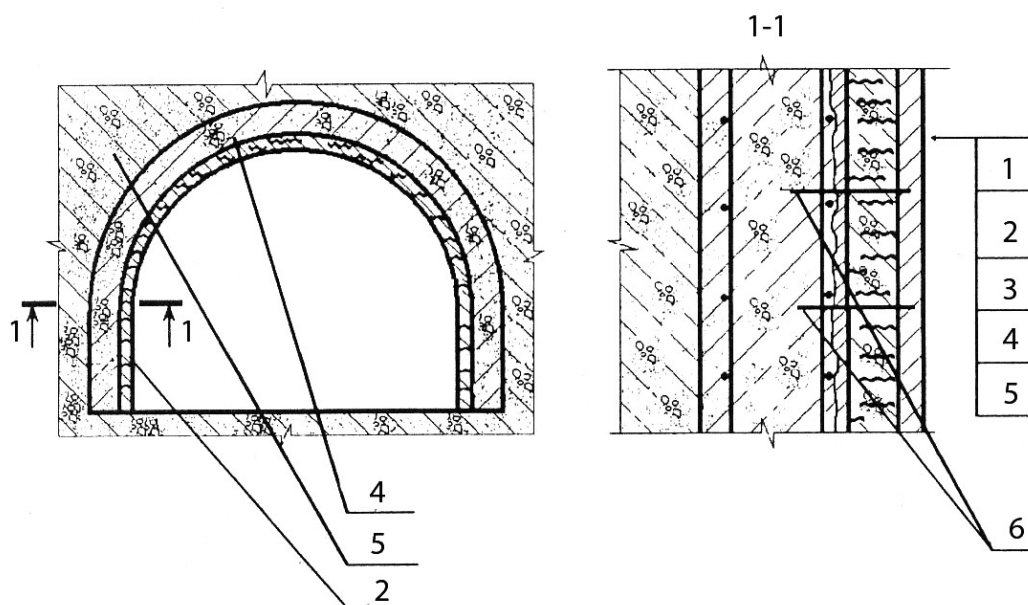


Рис.8.14. Примеры применения торкрет-фибробетонных защитных покрытий при ремонте строительных конструкций и агрегатов, подвергаемых воздействиям высоких температур

1 – отделочный слой; 2 – слой торкрет-фибробетона; 3 – адгезионный слой; 4 – сборный железобетон; 5 – монолитный железобетон; 6 – анкера

9. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, ОХРАНЫ ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

9.1. Все работы по торкретированию должны проводиться в помещениях, снабженных механической обще-обменной приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей состояние воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха в соответствии ГОСТ 12.1.005, ГН 2.2.5.1313, ГН 2.1.6.1314, СанПин 2.2.3.1385-03.

9.2. Все работники, занятые в производстве, должны проходить регулярные медицинские осмотры в соответствии с требованиями ПР МЗ и МП №90, МЗиСР №83-04.

9.3. Контроль за уровнем шума и вибрации осуществляются согласно требованиям «Допустимые уровни шума на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» ГН 2.2.4/2.1.8.562-96 и «Допустимые уровни вибрации на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий» ГН 2.2.4/2.1.566-96.

9.4. Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны и атмосферного воздуха должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005, ГН 2.2.5.1313, ГН 2.2.5.1314 и производиться лабораториями по методикам, утвержденными органами здравоохранения, в сроки и в объемах, согласованными с территориальными органами Роспотребнадзора.

9.5. Лица, связанные с производством, должны быть обеспечены специальной одеждой, обувью по ГОСТ 12.4.011 и средствами защиты рук, глаз, органов слуха по ГОСТ 12.4.103.

Допускается применение средств защиты работающих, изготовленных по другим нормативным документам.

9.6. В производственных помещениях запрещается принимать пищу, пить и курить.

9.7. Контроль за соблюдением предельно допустимых выбросов (ПДВ) в атмосферу, утвержденных в установленном порядке, должен проводиться в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02, ГН 2.1.6.1338, ГН 2.1.6.1339.

9.8. Мероприятия по охране окружающей среды осуществляются в соответствии с ГОСТ 17.2.3.02.

9.9. Производственные сточные воды утилизируются по существующей на предприятии схеме.

9.10. При производстве торкрет-бетона используются следующие материалы: цемент, песок, щебень, добавки, пигменты. Класс опасности данных составляющих компонентов указан в таблице 9.1. Класс опасности других составляющих торкрет-бетон компонентов должен быть указан в сопроводительных нормативных документах (ТУ и Сертификатах) на эти компоненты.

Таблица 9.1.

Наименование вещества	ПДК мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние	Токсиколого-гигиеническая характеристика
Цемент	6,0	IV	П	Вызывает при вдыхании умеренно выраженный пневмоконеоз и чешотку, конъюнктивит
Песок	1,0	III	П	Оказывает фиброгенное действие
Пигмент	1,0	III	П	Оказывает фиброгенное действие

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.

Рис. 1. Применение торкрет-бетона при ремонте ж/б экрана



Рис. 2. Торкретирование откосов и днища канала



Рис. 3. Применение торкрет-бетона для устройства временной крепи подземных выработок и ремонта обделок туннелей

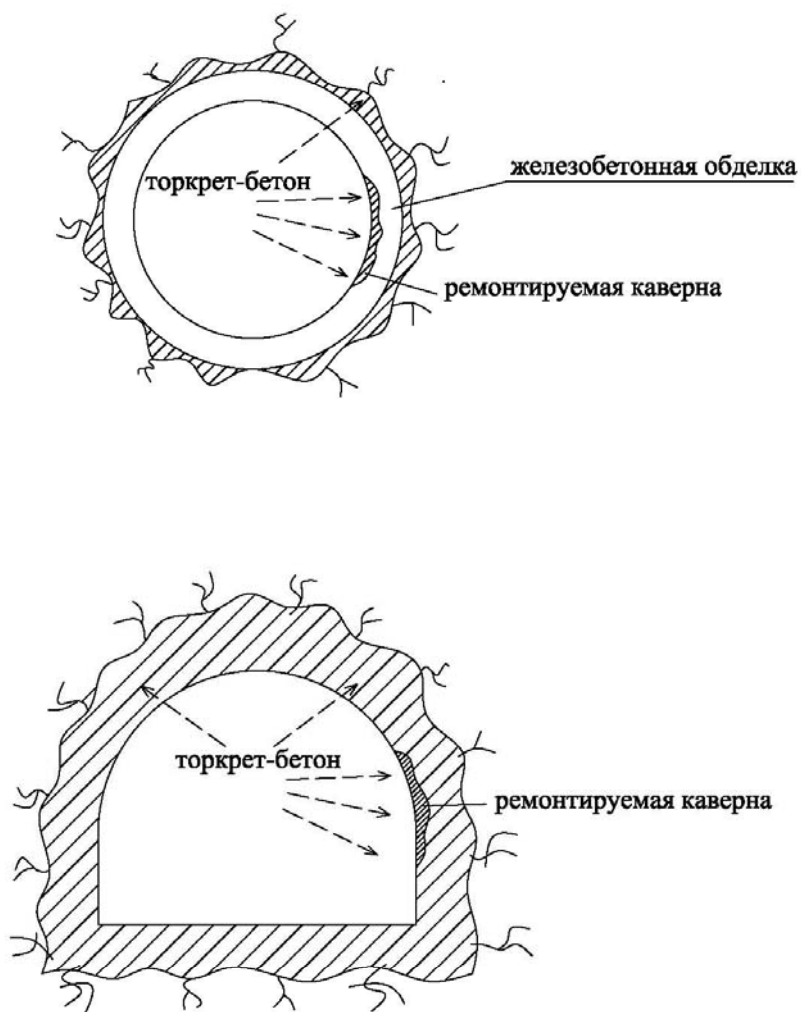


Рис.4. Ремонт переменного горизонта

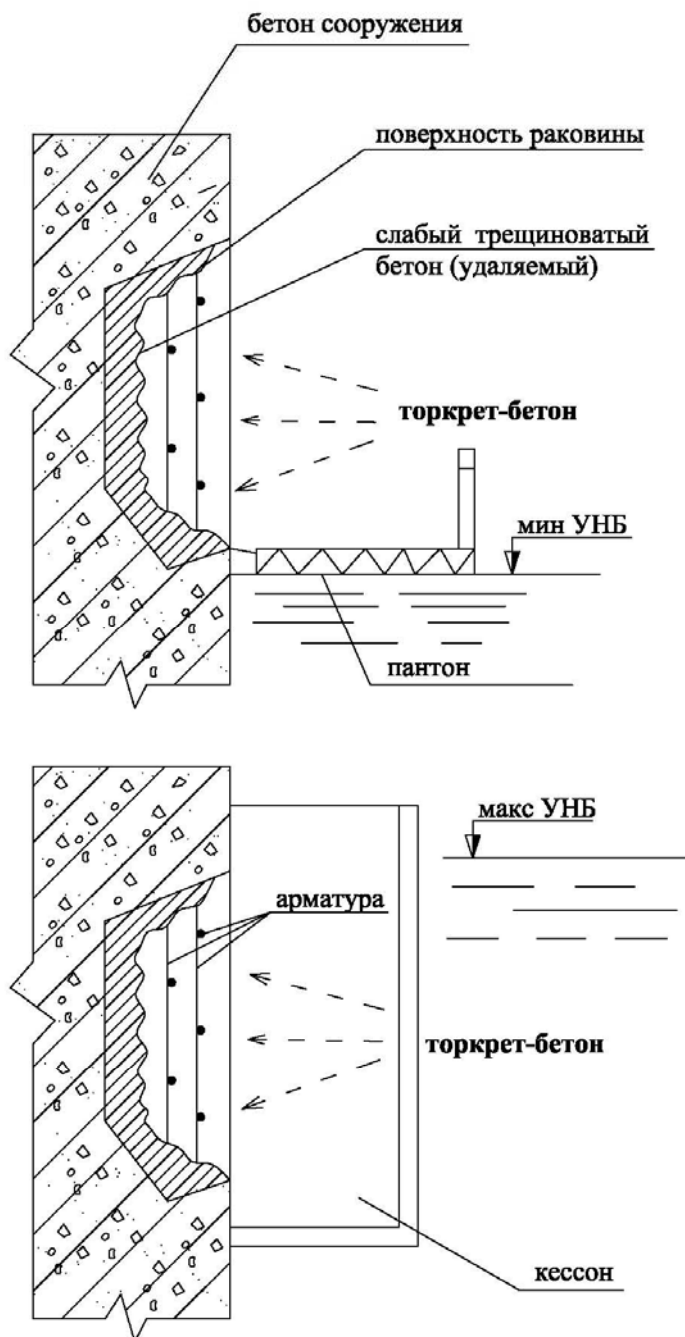
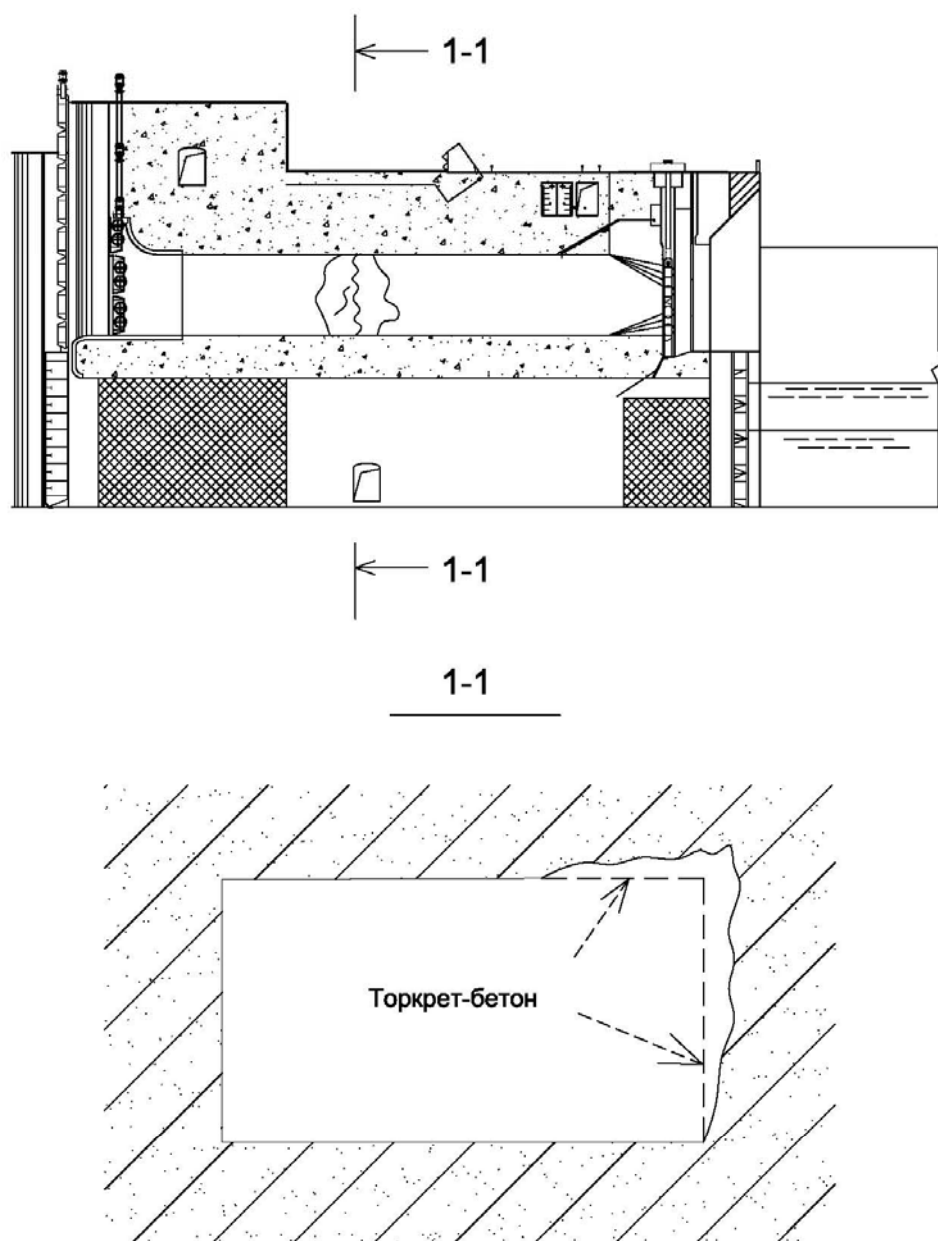


Рис. 5. Пример ремонта глубинного водосброса



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(обязательное)

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

- | | |
|--|--|
| 1. Торкрет-бетон | – бетон, получаемый методом пневматического распыления бетонной (растворной) смеси на обрабатываемую поверхность. |
| 2. Торкретирование | – вид бетонных работ, при котором бетонная (растворная) смесь послойно наносится на обрабатываемую поверхность методом воздушного распыления под давлением сжатого воздуха. |
| 3. Сухой метод распыления смеси | – метод распыления, при котором цемент и заполнитель предварительно дозируются и перемешиваются перед подачей в специальный пневматический аппарат (цемент-пушку), из которого под давлением вводятся в поток сжатого воздуха и через систему шлангов и трубопроводов подаются на сопловой блок, где смачиваются впрыскиваемой под давлением водой и распыляются в виде направленной струи на место укладки. |
| 4. Торкрет-фибробетон | – модификация торкрет-бетона, содержащего в своем составе армирующие волокна – стальные фибры. |
| 5. Стальная фибра | – отрезки тонкой стальной проволоки, тонкого стального листа или стальных волокон, получаемых разбрызгиванием расплава, фрезерованием сляба или другими способами. |
| 6. Коэффициент фибрового армирования по объему | – относительное содержание объема фибр в единице объема торкрет-фибробетона. |

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ПРИ МЕТОДЕ СУХОГО ТОРКРЕТИРОВАНИЯ

Работы ведут с использованием комплекта оборудования (рис. 1), включающего в себя компрессор 1, цемент-пушку 2 с соплом 3, водяной бак 4. Оборудование может быть смонтировано в стационарные или передвижные технологические установки (на железнодорожной платформе, автомобиле или специальных тележках).

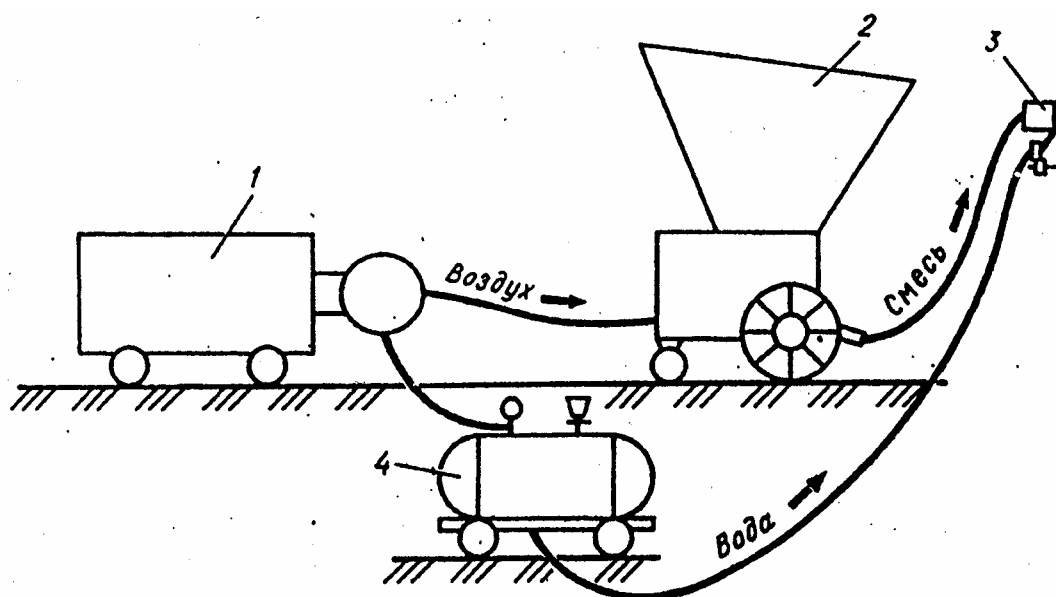


Рис. 1. Схема расположения стационарного оборудования для выполнения торкретбетонных работ методом сухого торкретирования.

**ФОРМА ЖУРНАЛА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТОРКРЕТ-БЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ**

Дата	Смена	Место расположения торкретируемого участка	Место нанесения торкрета	Толщина торкретного покрытия (по проекту), мм	Площадь обработанной поверхности, м ²	Число нанесенных слоев и средняя толщина каждого слоя, мм	Температура воздуха, °C	Состав сухой смеси	Вид цемента и № партии	Вид добавки и ее процентное содержание по отношению к массе цемента	Влажность сухой смеси, %	Давление в начале водяной линии, МПа	Давление в торкрет-машине, МПа	Давление в ресивере, МПа	Данные об уходе за уложенным торкретом	Качество торкретного покрытия (по внешнему осмотру)	Отметка об исполнении	Фамилия и подпись руководителей	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Примечание. Журнал заполняется мастером ежемесячно. Не реже двух раз в неделю записи в Журнале проверяются начальником участка и лаборантом.