ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
И ПРОЕКТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ОРГАНИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ
СТРОИТЕЛЬСТВУ (ЦНИИОМТП) ГОССТРОЯ СССР

РУКОВОДСТВО
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО БЕТОНА С ДОБАВКОЙ КАЛЬЦИЕВОЙ СЕЛИТРЫ

Москва — 1972

gost.e-ecolog.ru

УДК 691.327:666.972.522

Руководство содержит правила производства работ по бетонированию монолитных инженерных сооружений с применением водонепроницаемых бетонов с добавкой кальциевой селитры, включая вопросы приготовления бетонной смеси, ее транспортировки, укладки в дело и уплотнения, а также контроля качества работ и техники безопасности.

Руководство рассчитано на инженерно-технических работников строительных и проектных организаций, занятых строительством и проектированием различных инженерных сооружений, ограждающие конструкции которых воспринимают напор воды.

3—2—4

План IV кв. 1971 г., № 20

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	1
1. Общие положения	2
2. Технические требования к материалам для приготовления водонепроницаемых бетонов	3
3. Приготовление бетонной смеси	4
4. Особенности укладки и уплотнения бетонной смеси	5
5. Обеспечение плотности рабочих и температурно-деформационных швов сооружений из водонепроницаемого бетона	8
6. Контроль качества бетонных работ и их приемка	0
7. Техника безопасности при производстве работ	2
Приложение. Рекомендации по подбору составов водонепроницаемых бетонов	2

ЦНИИОМТП Госстроя СССР

РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО БЕТОНА С ДОБАВКОЙ КАЛЬЦИЕВОЙ СЕЛИТРЫ

* * *

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 9.

* * *

Редакто[illegible] [illegible] *Л. А. Савранс[illegible]*
[illegible] *[illegible] Копыл[illegible]*
[illegible]ова

Сдано в набор 4/I 1972 г. Подписано к печати 17/II 1972 г.
Т-00871. Бумага 84×108 1/32—0,25 бум. л. 0,84 усл. печ. л. (уч.-изд. л. 1,2 л.)
Тираж 27 000 экз. Изд. № XII 3574. Зак. № 61. Цена 6 коп.

Типография № 32 Главполиграфпрома. Москва, Цветной бульвар, 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство разработано на основании исследовательских и экспериментальных работ, выполненных Центральным научно-исследовательским и проектно-экспериментальным институтом организации, механизации и технической помощи строительству (ЦНИИОМТП) Госстроя СССР и другими организациями, а также опыта применения водонепроницаемых бетонов с добавкой кальциевой селитры трестами Мосгоргидрострой, Мосстрой-20 и др. в строительстве различных железобетонных сооружений, рассчитанных на восприятие напора воды: резервуаров, отстойников, подземных частей насосных станций и др.

Известно, что практической водонепроницаемостью конструкции, изделия или покрытия из бетона считается такое их состояние в условиях эксплуатации, когда они, подвергаясь воздействию воды с одной стороны, с другой стороны не имеют признаков сквозной фильтрации воды: струй и капель воды, мокрых пятен, потения и т. д. В соответствии с этим бетоны, обеспечивающие практическую водонепроницаемость конструкций, считаются водонепроницаемыми.

До настоящего времени в строительстве указанных выше сооружений находили применение водонепроницаемые бетоны с добавкой хлорного железа. Однако экспериментальные работы ЦНИИОМТП и практический опыт треста Мосгоргидрострой показали, что бетоны с добавкой кальциевой селитры по степени водонепроницаемости не уступают бетонам с добавкой хлорного железа, а по многим технико-экономическим показателям их превосходят. Важным преимуществом новых бетонов повышенной водонепроницаемости является простота их приготовления и применения. По своим технологическим свойствам и физико-механическим характеристикам они практически не отличаются от обычных бетонов. Повышение водонепроницаемости бетона с добавкой кальциевой селитры объясняется тем, что эта добавка, находясь в жидкой фазе твердеющего бетона и не вступая в химические соединения с цементными минералами, способствует интенсификации процессов образования гелеобразных продуктов, уплотняющих фильтрующие поры бетона.

Важной особенностью добавки кальциевой селитры по сравнению с хлорным железом и другими солями (хлоридами) является то, что эта добавка не вызывает коррозии арматуры, что установлено, в частности, специальными исследованиями, проведенными в Донецком Промстройниипроекте Ю. П. Чернышевым и Е. А. Дикуновым [1].

В отличие от хлорного железа кальциевая селитра не является дефицитным материалом, а стоимость ее почти в 3 раза ниже стоимости хлорного железа. В расчете на 1 *м* водонепроницаемого бетона при оптимальных размерах добавки селитры 0,5—1% от веса цемента стоимость ее в 4—5 раз меньше, чем добавки хлорного железа. Применение нового водонепроницаемого бетона с соответствующей отменой оклеечной гидроизоляции сооружений позволяет экономить 1 руб. и более в расчете на 1 $м^2$ изолируемой площади.

---

[1] Ю. П. Чернышев, Е. А. Дикунов. Химические добавки к бетонам и коррозия стальной арматуры. Известия вузов. «Строительство и архитектура», 1963, № 10.

В приложении к настоящему Руководству даны рекомендации по подбору составов водонепроницаемых бетонов, составленные на основании экспериментальных исследований, выполненных в НИИ бетона и железобетона и ЦНИИОМТП Госстроя СССР и опытно-производственных работ.

Руководство и Рекомендации составлены канд. техн. наук Г. П. Бовиным.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. В настоящем Руководстве приведены правила приготовления, транспортирования, укладки и уплотнения бетонной смеси, выдерживания и ухода за водонепроницаемым бетоном, устройства рабочих и температурно-деформационных швов в водонепроницаемых сооружениях и конструкциях, контроля качества бетона и приемки работ при бетонировании монолитных емкостных, подземных, заглубленных и других, не подвергающихся тепловой обработке, сооружений и конструкций в промышленном и гражданском строительстве с применением водонепроницаемых бетонов с добавлением кальциевой селитры.

1.2. Сооружения и конструкции, возводимые с применением водонепроницаемых бетонов, должны предназначаться для выполнения технологических и эксплуатационных функций, связанных с обеспечением гидроизоляции их под действием воды и других неагрессивных жидкостей.

При возведении сооружений и конструкций, подверженных воздействию агрессивных жидкостей, применение добавки кальциевой селитры не исключает необходимости соблюдения основных положений технологии приготовления и применения бетонов повышенной фильтрационной плотности, приведенных в «Указаниях по проектированию антикоррозионной защиты строительных конструкций» (СН 262-67).

1.3. Работы по приготовлению, транспортированию и укладке бетонных смесей, содержащих добавку кальциевой селитры, должны выполняться при положительных температурах окружающего воздуха не ниже $\pm 1°C$.

1.4. Приготовление и контроль состава водонепроницаемых бетонов, а также производство работ по возведению сооружений с их применением должны выполняться под наблюдением строительных лабораторий.

1.5. При производстве бетонных работ с применением водонепроницаемых бетонов с добавкой кальциевой селитры необходимо соблюдать правила, предусмотренные главой СНиП III-В. 1-70 «Бетонные и железобетон-

ные конструкции монолитные. Правила производства и приемки работ», с учетом специальных требований, приводимых ниже в настоящем Руководстве.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ БЕТОНОВ

2.1. В качестве вяжущего при приготовлении водонепроницаемых бетонов должен применяться портландцемент, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178—62 «Портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности», марки не ниже 400.

В практических условиях особое внимание следует обращать на соответствие действительной активности применяемого цемента его заводской марке.

2.2. В качестве крупного заполнителя при приготовлении водонепроницаемого бетона следует применять гравий или щебень, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 10268—62 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования».

При выборе крупного заполнителя для приготовления водонепроницаемого бетона необходимо иметь в в виду, что лучшие показатели по водонепроницаемости имеют составы на гравии, а не на щебне. В любом случае при приготовлении водонепроницаемого бетона предпочтительнее применять крупный заполнитель с минимальной пустотностью, как правило, не большей 43—45%. В необходимых случаях следует подбирать оптимальный состав крупного заполнителя из 2—3 отдельных фракций.

2.3. В качестве мелкого заполнителя при приготовлении водонепроницаемого бетона должен применяться песок, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10268—62 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования».

Не следует опасаться применять пески с повышенным до 35—40% по весу содержанием мелких фракций (до 0,3 *мм*), так как в большинстве случаев их применение дает более благоприятные результаты, особенно в экономичных составах при относительно небольших расходах цемента (порядка 300—400 *кг/м*^{3}). Наиболее неблагоприятно в данном случае использование мелкозернистых высевок от дробления щебня, которые часто имеют лещадную форму, повышенную пустотность и вызывают понижение степени водонепроницаемости состава.

В необходимых случаях для улучшения состава бетона в смесь должны вводиться тонкозернистые минеральные добавки: мелкие пески, каменная мука и пр. (см. приложение).

2.4. Кальциевая селитра, азотнокислый кальций (технический) $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, применяемые в качестве уплотняющей добавки при приготовлении водонепроницаемых бетонов, должны удовлетворять требованиям МРТУ 6-03-195-67 «Селитра кальциевая» Министерства химической промышленности СССР или ГОСТ 4142—66 «Кальций азотнокислый кристаллический».

Примечание. Кальциевая селитра представляет собой малоочищенный азотнокислый кальций, который в технике иногда также называют нитратом кальция.

2.5. В бетонные смеси с добавкой кальциевой селитры целесообразно также вводить пластифицирующие и другие добавки, улучшающие их свойства, например пластификатор — сульфитно-дрожжевую бражку в соответствии с «Указаниями по применению бетона с добавкой концентратов сульфитно-дрожжевой бражки» (СН 406-70).

Примечание. Применение дополнительных добавок в каждом случае должно быть обосновано предварительной лабораторной проверкой.

2.6. Рекомендации по подбору составов водонепроницаемых бетонов приведены в приложении к настоящему Руководству.

3. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

3.1. Добавка в бетонную смесь кальциевой селитры (или азотнокислого кальция) должна вводиться, как правило, в виде водного раствора селитры малой концентрации, используемого взамен воды при затворении бетонной смеси. В отдельных случаях допускается введение этой добавки в виде приготовляемого заранее высококонцентрированного водного раствора селитры (весовой концентрации 20—40%), добавляемого в нужном соотношении к воде затворения.

3.2. Водный раствор кальциевой селитры приготовляется путем полного растворения ее в воде при температуре не менее 15—25°С в нужном весовом соотношении (см. табл. 1).

3.3. При приготовлении бетонной смеси с добавкой кальциевой селитры смесительная установка должна

Таблица 1

Содержание кальциевой селитры в ее водном растворе при 20°С

Содержание по весу в %	Содержание на 1 л в г	Плотность раствора в г/л	Содержание по весу в %	Содержание на 1 л в г	Плотность раствора в г/л
2	20,27	1013,7	18	206,1	1145,5
4	41,16	1029,1	20	232,7	1163,6
6	62,67	1044,8	25	302,7	1211
8	84,36	1060,6	30	377,7	1259
10	107,7	1077,1	35	458,8	1311
12	131,2	1093,7	40	546,4	1366
14	155,4	1110,6	45	640,3	1423
16	180,4	1127,9			

быть оборудована специальным дозатором для введения в смесь водного раствора кальциевой селитры. Для этой цели рекомендуется, как правило, применять электронный автоматический дозатор ДАТ-1 конструкции ВНИИСтройдормаша. В отдельных случаях допускается применение дозаторов ручного управления ДРТ-1.

4. ОСОБЕННОСТИ УКЛАДКИ И УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

4.1. Транспортирование и укладка бетонной смеси, содержащей добавку кальциевой селитры, должны осуществляться в пределах сроков ее схватывания, которые при $t=15\div25$°С составляют не менее 1,5—2 *ч* и должны уточняться строительной лабораторией.

4.2. При возведении подземных и заглубленных сооружений в сложных гидрогеологических условиях (например, при наличии высокого уровня грунтовых вод) до начала бетонных работ на месте возведения сооружений необходимо осуществлять мероприятия по защите бетона при укладке и в начальный период твердения (в течение не менее 2 суток с момента его укладки) от подтока грунтовых и других вод путем их отвода, местного понижения уровня грунтовых вод или замораживания окружающего грунта.

Применяемые средства защиты бетона возводимого сооружения от воздействия грунтовых и других вод должны действовать до момента, когда бетон сооружения приобретет необходимую прочность и водонепроницаемость, которые устанавливаются в каждом конкретном случае проектом или определяются строительной лабораторией.

4.3. Бетонирование мелких и средних сооружений и конструкций с объемом бетона в пределах 500—800 $м^3$ рекомендуется осуществлять непрерывным способом.

В других случаях бетонирование сооружений следует вести с разбивкой их на участки непрерывного бетонирования с примерным объемом 80—150 $м^3$ с заранее предусмотренными рабочими швами, непроницаемость которых должна обеспечиваться за счет мероприятий, рассматриваемых в Разделе 5 настоящего Руководства.

4.4. При бетонировании сооружений и конструкций с применением вибрирования необходимо иметь в виду, что наиболее качественное уплотнение бетонных смесей на заполнителе крупностью до 10 *мм* и наибольшую степень водонепроницаемости получаемого бетона обеспечивает вибрирование их при частотах порядка 6—12 тыс. *кол/мин* при соответствующих амплитудах колебаний 0,3—0,15 *мм*.

4.5. Бетонирование относительно тонкостенных конструкций и сооружений с толщиной стенок $\leqslant 15$ *см* предпочтительно осуществлять с применением пневматических способов: торкретирования, шприц-бетонирования и пневмобетонирования (т. е. нанесения затворенной смеси во взвешенном состоянии в струе сжатого воздуха).

Важным практическим преимуществом этих способов является непрерывность процесса укладки смеси в конструкцию.

4.6. Применение торкретирования и шприц-бетонирования (рис. 1) позволяет укладывать в конструкции смеси с минимальным содержанием воды, что обеспечивает высокую плотность и прочность получаемого бетона. Относительным преимуществом шприц-бетонирования, осуществляемого с помощью установок С-630А или БМ-60, перед обычным торкретированием является возможность применять экономичные смеси с заполнителем крупностью до 20—25 *мм*.

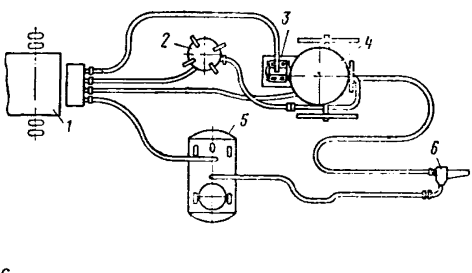


Рис. 1. Комплект оборудования для торкретирования или шприц-бетонирования
1 — компрессор; *2* — воздухоочиститель; *3* — воздушный двигатель; *4* — цементпушка (для торкретирования) или шприц-установка, *5* — резервуар для воды; *6* — сопло

Для бетонирования конструкций должна устанавливаться односторонняя деревянная или дерево-металлическая опалубка, как правило, состоящая из сборных инвентарных щитов. Бетонирование следует вести снизу вверх, держа сопло на расстоянии 0,9—1,2 *м* от бетонируемой поверхности. Для качественной укладки смеси под арматурные стержни сопло следует направлять под углом к бетонируемой конструкции попеременно в разных направлениях. Толщина слоя смеси, наносимой за один проход при шприц-бетонировании, должна составлять 4—7 *см*.

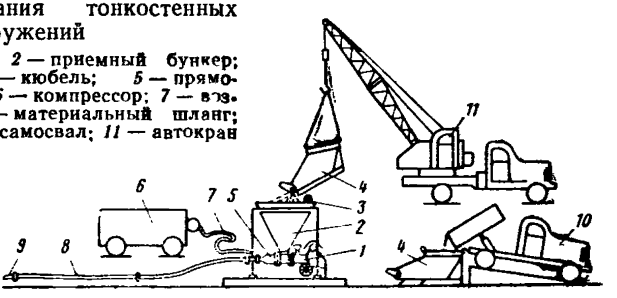
Приготовление сухих смесей для торкретирования и шприц-бетонирования следует вести в смесителях принудительного перемешивания. Добавка кальциевой селитры должна в этом случае вводиться во всю воду, применяемую для увлажнения сухой смеси.

Основной недостаток обоих рассматриваемых способов — ручная регулировка подачи воды в смесь и трудность обеспечения необходимого постоянства *В/Ц* наносимой смеси. Качество наносимого бетона во многом определяется опытностью и навыком оператора. Большой недостаток обоих способов — сильное пыление при работе.

4.7. Технология пневмобетонирования (или «мокрого» торкретирования) (рис. 2) в отличие от других пневматических способов бетонирования (см. п. 4.6) позволяет наносить смесь при практически постоянном значении *В/Ц*. Одновременно эта технология обеспечивает снижение водосодержания наносимого на конструкцию состава смеси по сравнению с ее исходным составом, получаемым при замешивании, на 15—23%, что способствует получению более плотной и прочной структуры бетона.

Рис. 2. Комплект оборудования для пневмобетонирования тонкостенных сооружений

1 — растворонасос; *2* — приемный бункер; *3* — вибросито; *4* — кюбель; *5* — прямоточная приставка; *6* — компрессор; *7* — воздушный шланг; *8* — материальный шланг; *9* — сопло; *10* — автосамосвал; *11* — автокран



Пневматическое бетонирование должно осуществляться с применением установки инж. Н. С. Марчукова, разработанной в НИИМосстрое и оборудованной прямоточным диафрагмовым или винтовым растворонасосом.

4.8. *Способом пневмобетонирования следует наносить смеси* с заполнителем крупностью до 8 *мм* с осадкой конуса 6—10 *см* слоями толщиной 2—3 *см*. Первый слой смеси толщиной около 1 *см* должен наноситься на предварительно смоченную водой нестроганую поверхность опалубки. При нанесении смеси сопло должно находиться на расстоянии 0,8—1,2 *м* от бетонируемой поверхности. При применении винтового насоса используются смеси с осадкой конуса 6—4 *см*.

Перед нанесением каждого последующего слоя поверхность ранее нанесенного бетона должна обдуваться сжатым воздухом и промываться струей воды. Оптимальный разрыв во времени между нанесением двух последующих слоев бетона при температуре наружного воздуха 15—25°С 1,5—2 *ч*.

4.9. Бетонирование пневматическими способами вертикальных стенок следует вести с разбивкой их на ярусы высотой до 1,5 *м*.

5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАБОЧИХ И ТЕМПЕРАТУРНО-ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ СООРУЖЕНИЙ ИЗ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО БЕТОНА

5.1. При устройстве рабочих и температурно-деформационных швов сооружений и конструкций, возводимых из водонепроницаемого бетона, необходимо осуществлять мероприятия по обеспечению их фильтрационной плотности в соответствии с правилами, приведенными ниже в настоящем разделе Руководства.

5.2. Имеются следующие способы уплотнения рабочих и температурно-деформационных швов водонепроницаемых железобетонных сооружений и конструкций:

а) устройство плотного шва с применением диафрагм из профилированной резиновой ленты;

б) устройство плотного шва с применением диафрагм из плотных листовых материалов;

в) устройство плотного примыкания слоев «старого» и «нового» бетона за счет нанесения специальных уплотняющих составов;

г) устройство плотного примыкания слоев «старого» и «нового» бетона за счет зачистки поверхностей цементной корки и увлажнения «старого» бетона.

5.3. Наиболее эффективный способ обеспечения непроницаемости швов в монолитных бетонных и железобетонных сооружениях при предварительной разбивке их на блоки последовательного бетонирования — установка диафрагм из профилированной резиновой ленты шириной 10—40 *см*.

Схема установки диафрагм из профилированной резины показана на рис. 3. Основные характеристики резины, пригодной для диафрагм, приведены в табл. 2.

5.4. При отсутствии профилированной резиновой ленты для гидроизоляции швов монолитных бетонных сооружений следует использовать диафрагмы из полос пластика (поливинилхлорид, полиэтилен) или металла (оцинкованная или нержавеющая сталь).

5.5. При вынужденном устройстве рабочих швов без изолирующих диафрагм необходимо:

а) очистить поверхность «старого» бетона от цементной корки;

Таблица 2

Основные характеристики резины для уплотнения швов

Показатели	Единица измерения	Ориентировочное значение
Предел прочности при растяжении	*кгс/см*^{2}	150—200
Относительное удлинение при разрыве	%	⩾400—500
Твердость по Шору	*град*	⩾ 30—60
Удельный вес	*г/см*^{3}	0,95—1,20

б) перед укладкой «нового» бетона поверхность «старого» бетона хорошо увлажнить.

Следует иметь в виду, что осуществление указанных выше простых мероприятий позволяет обеспечить водонепроницаемость шва, близкую к водонепроницаемости бетона.

Удаление цементной корки с поверхности «старого» бетона при перерыве в бетонировании не более 6—10 *ч* нужно производить сильной струей воды или воды с песком.

При более продолжительных перерывах в бетонировании цементную корку следует удалять с помощью металлических щеток.

5.6. В качестве составов, наносимых на поверхность «старого» бетона для повышения плотности рабочего шва, следует применять:

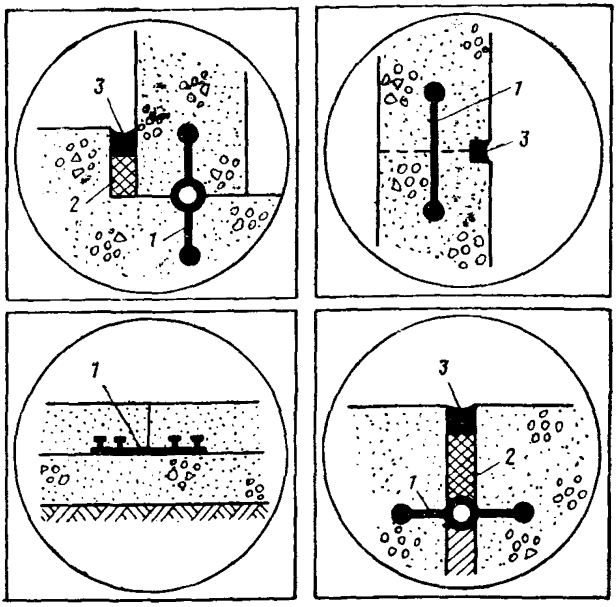


Рис. 3. Характерные типы водонепроницаемых швов монолитных железобетонных конструкций с резиновыми шпонками

1 — резиновая шпонка; *2* — уплотняющая набивка; *3* — гидроизоляционная мастика

а) растворную составляющую применяемой смеси;

б) смесь этинолевого лака и портландцемента в соотношении 1:3 по весу;

в) цементно-песчаный раствор состава 1:3 (по весу) с введением в него 50%-ной поливинилацетатной эмульсии и хлористого кальция соответственно в количестве 20 и 1—2% веса цемента.

Указанные составы должны наноситься на поверхность «старого» бетона непосредственно перед укладкой «нового» бетона.

Примечание. В каждом конкретном случае применения выбор оптимального вида пасты и уточненный состав ее определяются строительной лабораторией.

6. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА БЕТОННЫХ РАБОТ И ИХ ПРИЕМКА

6.1. При бетонировании сооружений и конструкций с применением водонепроницаемого бетона с добавкой кальциевой селитры контроль качества бетонных и железобетонных работ должен осуществляться в общеуста-

новленном порядке в соответствии с указаниями главы СНиП III-В.1-70.

6.2. Контроль прочности и морозостойкости водонепроницаемого бетона должен осуществляться в соответствии с главой СНиП III-В. 1-70, ГОСТ 10180—67 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности. Методы определения морозостойкости».

6.3. Контроль водонепроницаемости бетона при возведении сооружений и конструкций, характеризующихся градиентом напора $\leqslant 10$, должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 4800—59, а при возведении тонкостенных конструкций, характеризующихся градиентом напора более 10, пневматическими и другими способами — в соответствии с «Рекомендациями по испытаниям бетонов и растворов для тонкостенных конструкций на водонепроницаемость» (изд. 1969).

6.4. Количество серий образцов для испытаний на водонепроницаемость должно назначаться в соответствии с требованиями главы СНиП III-В.1-70, но не менее **одной серии** на каждый бетонируемый блок.

6.5. Общий контроль водонепроницаемости возведенного сооружения или конструкций, включая проверку плотности рабочих и температурно-деформационных швов, должен осуществляться путем опытной заливки емкости или сооружения водой до рабочей отметки на срок не менее трех суток с момента окончания заполнения и контроля состояния сооружения или конструкции в течение этого срока путем визуального осмотра наружной (или внутренней) поверхности сооружения и замера утечки воды по изменению ее уровня в соответствии с требованиями «Указаний по производству и приемке работ при сооружении железобетонных резервуаров для нефти и нефтепродуктов» (СН 383-67).

При этом испытании на наблюдаемой поверхности сооружения или конструкции не должно быть каких-либо видимых признаков фильтрации воды: капели, течи и мокрых пятен, а утечка воды из сооружения не должна превышать за трое суток 2 *л* на 1 $м^2$ смачиваемой поверхности.

6.6. Приемка сооружений и конструкций, выполненных с применением водонепроницаемого бетона, производится на основании результатов испытаний их путем заливки водой (см. п. 6.5), а также в соответствии с общими правилами приемки бетонных работ, приведенными в главе СНиП III-В. 1-70.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ

7.1. К работам по приготовлению раствора кальциевой селитры и его применению при приготовлении бетонной смеси допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование.

Рабочие, у которых поврежден кожный покров (ссадины, ожоги, царапины, раздражения и т. д.), к работам не допускаются.

7.2. Работы, связанные с приготовлением и укладкой водонепроницаемых бетонов с добавкой кальциевой селитры, должны производиться с соблюдением правил техники безопасности, предусмотренных главой СНиП III-А. 11-70, Раздел 12.

7.3. Рабочие, непосредственно занятые выполнением операций по приготовлению и укладке водонепроницаемых бетонов с добавкой кальциевой селитры, должны выполнять эти работы в защитных резиновых перчатках, плотном комбинезоне и защитных очках.

7.4. При попадании брызг бетонной смеси с добавкой кальциевой селитры на открытые участки кожи необходимо смыть их чистой водой.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ БЕТОНОВ

Излагаемая ниже методика учитывает необходимость подбора состава водонепроницаемого бетона по следующим основным показателям: степени водонепроницаемости бетона; требуемой прочности конструкций; необходимой и возможной в конкретных условиях применения подвижности или жесткости бетонной смеси. Разработанная методика основана на использовании метода подбора состава бетона по абсолютным объемам.

В связи с тем что по своим прочностным показателям водонепроницаемые бетоны с уплотняющими добавками практически не отличаются от обычных бетонов, излагаемая ниже методика не включает каких-либо особых положений на этот счет и ориентирует на использование известных способов подбора состава бетона, в частности выбора значения фактора $В/Ц$ из условий требуемой прочности.

Подбор состава водонепроницаемого бетона включает в себя следующие основные этапы:

1. Выбор критического водоцементного отношения $(В/Ц)_{кр}$ из условий водонепроницаемости бетона с уплотняющими добавками при учете вида используемого крупного заполнителя и активности применяемого цемента (см. табл. 3). При пользовании данными табл. 3 необходимо иметь в виду, что повышение активности цемен-

Таблица 3

Ориентировочные критические значения фактора *В/Ц* в водонепроницаемых бетонах с уплотняющими добавками (для портландцемента марки 400) марки не ниже В-8 (или 0,5 *атм* на 1 *см* толщины стенки)

Толщина бетонной стенки в *мм*, не менее	Вид и наибольшая крупность заполнителя в *мм*				
	гравий		щебень		песок
	20	10	20	10	5
100	0,5 —0,53	—	0,46—0,49	—	—
50	0,46—0,48	—	0,42—0,44	—	0,38—0,4
40	0,44—0,46	0,42—0,44	0,40—0,42	0,38—0,4	0,36—0,37
25	—	0,35—0,37	—	0,33—0,35	0,31—0,33

та на 100 *кг/см*^{2} обеспечивает возможность повысить *В/Ц* на 15—20% и, наоборот, при снижении активности цемента $(В/Ц)_{кр}$ соответственно должно быть понижено.

2. Определение значения факторов *В/Ц* из условий требуемой прочности бетона по обычной методике.

Для дальнейших расчетов из двух определенных ранее значений водоцементного отношения выбирается меньшее.

3. Пользуясь ориентировочными данными, приведенными в табл. 4, с учетом требуемой подвижности (жесткости) бетонной сме-

Таблица 4

Ориентировочные расходы воды в литрах на 1 *м*^{3} водонепроницаемого бетона при расходах цемента около 400 *кг/м*^{3}

Показатели бетонной смеси[1]	Вид и наибольшая крупность заполнителя в *мм*			
	гравий		щебень	
	10	20	10	20
Осадка конуса:				
4—6 *см*	205—215	190—200	210—230	195—210
1—3 *см*	185—195	180—190	190—200	185—195
Жесткость:				
30 *сек*	180—190	175—185	185—195	180—190
60 „	175—185	170—180	180—190	175—185
90 „	170—180	165—175	175—185	170—180
120 „	165—175	160—170	170—180	165—175
180 „	160—170	155—165	165—175	160—170
240 „	155—165	150—160	160—170	155—165

[1] Жесткость бетонной смеси определена на вибровискозиметре во всех случаях, как при использовании заполнителя наибольшей крупностью 20 *мм*.

си, вида заполнителя и условий укладки и уплотнения бетонной смеси, определяется необходимое начальное водосодержание смеси в *литрах* на 1 $м^3$ бетона.

4. На основании определенных ранее значений факторов $В/Ц$ и водосодержания $В$ смеси находится необходимый расход цемента

$$Ц : Ц = \frac{В}{В/Ц}.$$

5. Устанавливается оптимальное соотношение объемов пустот крупного заполнителя и растворной части бетонной смеси, определяемого значением коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя α, взятого по табл. 5, составленной на основании экспериментальных данных

Таблица 5

Оптимальные значения коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя α для водонепроницаемых бетонов

Заполнитель		$\alpha_{мин}$	$\alpha_{ср}$
вид	наибольшая крупность зерен в *мм*		
1	2	3	4
Щебень	40	1,5—1,6	2,0—2,1
„	20	1,7—1,8	1,9—2
Гравий	20	1,5—1,6	1,8
Щебень	10	1,5—1,6	1,65
Гравий	10	1,4—1,5	1,5—1,6

При использовании данных табл. 5 необходимо учитывать следующее. Для первого пробного состава следует брать значения $\alpha_{мин}$, данные в графе 3 таблицы, которые обеспечивают достаточно хорошие условия по водонепроницаемости бетона. В графе 4 табл. 5 даны средние оптимальные по условиям водонепроницаемости значения $\alpha_{ср}$, при которых прочность получаемого бетона несколько снижается. Необходимо иметь в виду также тот факт, что оптимальное значение коэффициента α снижается по мере увеличения пустотности заполнителя.

6. Находится содержание крупного заполнителя $Г$ в *кг* на 1 $м^3$ бетона по формуле

$$\frac{Г}{\gamma'_г} K_п \alpha + \frac{Г}{\gamma_г} = 1000,$$

где $\gamma'_г$ — объемный насыпной вес крупного заполнителя в $г/см^3$;

$\gamma_г$ — удельный вес крупного заполнителя в $г/см^3$;

$K_п$ — коэффициент пустотности крупного заполнителя в стандартно-насыпном состоянии;

α — коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя.

В расчетах удобнее пользоваться преобразованной формулой

$$Г = \frac{1000}{\frac{\alpha K_п}{\gamma'_г} + \frac{1}{\gamma_г}}.$$

7. Определяется общее количество мелкого заполнителя (песок+микрозаполнитель) $П$ в *кг* на 1 $м^3$ бетона по уравнению

$$\frac{Ц}{\gamma_ц} + \frac{П}{\gamma_п} + \frac{Г}{\gamma_г} + В = 1000,$$

где $\gamma_ц$ и $\gamma_п$ — соответственно удельные веса цемента и мелкого заполнителя. С достаточной для практических расчетов точностью $\gamma_п$ принимается равным уд. весу основного песка.

$$П = \gamma_п \left(1000 - \frac{Ц}{\gamma_ц} - \frac{Г}{\gamma_г} - В\right) кг.$$

Таблица 6

Ориентировочное содержание микрозаполнителя в водонепроницаемом бетоне

Заполнитель		Содержание частиц крупностью до 0,3 *мм* в смеси заполнителей + содержание цемента в бетоне в *кг/м³*, не менее
вид	наибольшая крупность зерен в *мм*	
Гравий	40	450—500
»	20	500—550
»	10	600—650
Щебень	40	500—600
»	20	600—700
»	10	700—800
Песок (для раствора) . .	5	1000—1200

8. По данным таблицы 6 находится необходимое минимально содержание в смеси мелких заполнителей $М$ частиц крупностью до 0,3 *мм:*

$$М = М_о - Ц,$$

где $М_о$ — общее содержание мелкозернистых частиц в бетонной смеси, включая цемент, определенное по табл. 6.

9. Подсчитывается возможное содержание микрозаполнителя $М'$ в *кг* на 1 $м^3$ бетона в случае использования одного песка:

$$М' = К_м П,$$

где $К_м$ — весовое содержание в используемом песке частиц крупностью до 0,3 *мм*.

В случае если $М' \geqslant М$, имеющийся песок может применяться для приготовления водонепроницаемого бетона без добавок к нему микрозаполнителя.

Если $М' < М$, в состав необходимо ввести добавку микрозаполнителя, размеры которой (D) можно определить, пользуясь формулой

$$D = \frac{М - К_м П}{1 - К_м} кг.$$

Если оптимальный состав мелкого заполнителя подбирается из смеси двух песков (основного и мелкого), то нужное содержание в их смеси основного песка в *кг* на 1 $м^3$ бетона $П_1$ можно определить по формуле

$$П_1 = \frac{М - К'_м П}{К_м - К'_м},$$

где $К_м'$ — весовое содержание мелкозернистых частиц крупностью до 0,3 *мм* в добавляемом мелком песке.

Количество добавляемого мелкого песка D_1 в *кг* на 1 $м^3$ бетона в последнем случае определяется

$$D_1 = П - П'.$$

10. Оптимальная величина добавки химического уплотнителя — кальциевой селитры по водонепроницаемости бетона 1% от веса цемента по сухому веществу.

Примечание. В некоторых случаях при относительно невысоких требованиях к бетону по водонепроницаемости величина добавки кальциевой селитры может быть снижена до 0,5% веса цемента. В каждом случае такое снижение величины добавки должно быть обосновано предварительной лабораторной проверкой.

11. Из смеси подобранного состава изготовляются образцы для испытаний бетона на прочность и водонепроницаемость, а также определяется жесткость смеси с помощью вибровискозиметра или ее подвижность по осадке конуса.

Испытания на водонепроницаемость составов для тонкостенных конструкций целесообразно выполнять по методике, разработанной ЦНИИОМТП [1].

12. В необходимых случаях производится корректировка состава бетона, в первую очередь за счет уточнения водосодержания смеси, значения *В/Ц* и коэффициента α.

В некоторых случаях для повышения прочности получаемого бетона доля песка в смеси заполнителей может быть снижена в пределах, обеспечивающих нужную водонепроницаемость бетона. В состав водонепроницаемого бетона помимо указанных выше компонентов могут вводиться другие улучшающие добавки специального назначения, например пластифицирующие и т. д.

В каждом случае введение таких добавок должно быть обосновано предварительной лабораторной проверкой.

Пример подбора состава водонепроницаемого бетона

Требуется подобрать оптимальный состав водонепроницаемого бетона марки 200 для железобетонной конструкции со стенкой, воспринимающей рабочий напор воды 6 *ати*, толщиной 6 *см*. При принятых условиях укладки и уплотнения бетонная смесь должна иметь

[1] См. «Рекомендации по испытаниям бетонов и растворов для тонкостенных конструкций на водонепроницаемость». ЦНИИОМТП, М., Стройиздат, 1969.

осадку конуса 1—3 *см*. Бетон твердеет в нормальных условиях. Характеристики используемых материалов следующие:

а) портландцемент марки 400; б) крупный заполнитель — гравий крупностью 5—20 *мм;*

$$\gamma_г' = 1{,}6\ г/см^3;\quad \gamma_г = 2{,}6\ г/см^3;$$

$$K_п = 0{,}4;$$

в) песок содержит 35% (по весу) частиц крупностью до 0,3 *мм*

$$\gamma_п' = 1{,}4\ г/см^3;\quad \gamma_п = 2{,}5\ г/см^3;$$

г) мелкозернистая добавка — известняковая мука с частицами до 0,3 *мм;*

д) химический уплотнитель — кальциевая селитра в виде 33%-ного водного раствора.

Решение

1. По табл. 3 для заданных условий определяем $(В/Ц)_{кр}=0{,}48$.

2. Определение необходимой величины $В/Ц$ из условий нужной прочности бетона дает значение, большее $(В/Ц)_{кр}$; таким образом, в последующих расчетах принимаем $В/Ц=0{,}48$.

3. По табл. 4 для наших условий находим: $В=185\ л/м^3$.

4. Определяем расход цемента $Ц=В$: $В/Ц=185:0{,}48=385\ кг/м^3$.

5. По табл. 5 для заданных условий принимаем минимально-оптимальное значение коэффициента $\alpha=1{,}6$.

6. Находим содержание гравия в кг на 1 $м^3$ уплотненного бетона:

$$Г = \frac{1000}{\frac{\alpha K_п}{\gamma_в'} + \frac{1}{\gamma_г}} = \frac{1000}{\frac{1{,}6 \cdot 0{,}4}{1{,}6} + \frac{1}{2{,}6}} = 1280\ кг.$$

7. Находим содержание мелкого заполнителя:

$$П = 2{,}5\left(1000 - \frac{385}{3{,}1} - \frac{1280}{2{,}6} - 185\right) = 500\ кг.$$

8. По табл. 6 находим $M_0=550\ кг$.

Таким образом, в составе мелкого заполнителя $М$, частиц крупностью до 0,3 *мм* должно содержаться не менее $М=550-385=165\ кг$.

9. При использовании имеющегося песка содержание микрозаполнителя составит:

$$М' = K_м П = 0{,}35 \cdot 500 \approx 175\ кг.$$

Таким образом, добавку микрозаполнителя вводить не нужно.

10. В состав бетона вводим добавку кальциевой селитры в количестве 1% веса цемента в расчете на сухое вещество. Для обеспечения этого условия количество вводимого в смесь раствора селитры 33%-ной концентрации на 1 $м^3$ бетона должно составить $(\sigma_р)$:

$$\sigma_р = 0{,}01 \cdot 385 \frac{1}{0{,}33} = 11{,}6\ кг.$$

При этом вода, содержащаяся в растворе, должна вычитаться из общего количества воды, вводимой в состав бетона, определенного предыдущими расчетами.

gost.e-ecolog.ru

Таким образом, для данных условий подобран следующий состав водонепроницаемого бетона в расчете на 1 $м^3$: цемент 385 *кг*, вода 185 *л*, гравий 1280 *кг*, песок 500 *кг*, кальциевая селитра 3,9 *кг*.