РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА"

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВОВ БЕТОНА ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ОБЛИЦОВОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

П 76 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

gost.e-ecolog.ru

РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА"

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВОВ БЕТОНА ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ОБЛИЦОВОК ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

П76 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

УДК 666.972.014

Пособие содержит основные положения по проектированию и подбору составов бетона износостойких обделок и облицовок и предназначено для использования при строительстве, реконструкции и ремонте водопропускных конструкций гидротехнических сооружений.

С выходом настоящего Пособия утрачивают силу "Методические рекомендации по технологии изготовления бетона, подверженного воздействию кавитации, и износостойких облицовок гидротехнических сооружений", П 58-72/ВНИИГ (в части износостойких бетонов).

Предназначено для организаций, ведущих проектирование и строительство гидротехнических сооружений.

Редактор *Т. С. Артюхина*
Технический редактор *Т. М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Н. Н. Седова*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Подписано в печать 28.02.2000. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Печ.л. 1,25. Тираж 300. Зак. 43.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220 Санкт-Петербург, Гжатская ул.21.

© ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева", 2000

Предисловие

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации водопропускных конструкций гидротехнических сооружений показал, что туннели, каналы, водосливы, водосбросы, водоспуски, промывные устройства и др., подверженные воздействию потоков воды, несущих влекомые наносы, могут подвергаться значительному износу, а иногда и разрушениям в течении сравнительно короткого времени после вступления их в работу.

Это заставило разработать специальные составы бетона и технологии бетонных работ для таких конструкций и специальные приемы управления взвесенесущими потоками.

Настоящее Пособие составлено на основе обобщения результатов натурных обследований и специальных исследовательских работ, выполненных в последние годы отечественными и зарубежными организациями, и содержит основные положения по проектированию составов бетонов износостойких облицовок.

В Пособии изложены технические требования для приготовления износостойких бетонов и бетонных смесей, установлены марки бетонов по износостойкости и даны рекомендации по их назначению в зависимости от условий эксплуатации облицовок, приведены основные параметры бетонов в соответствии с их маркой по износостойкости и требования к материалам для приготовления износостойких бетонов, указаны особенности подбора их составов, приведена методика испытания бетонов на истираемость и определения их марки по износостойкости.

Пособие разработано в ОАО "ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева" доктором техн. наук В.Б Судаковым и канд. техн. наук В.М.Бертовым. При его подготовке учтены замечания и предложения специалистов ОАО "Институт Гидропроект", ОАО "НИИЭС", ОАО "Ленгидропроект", Санкт-Петербургского государственного технического университета, холдинговой компании "Красноярскгэсстрой", ОАО "Зеягэсстрой" и др.

Замечания и пожелания по Пособию просьба направлять в адрес ОАО "ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева" – 195220, Санкт-Петербург, ул. Гжатская, дом 21.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Пособие предназначено для использования при проектировании, строительстве, реконструкции и ремонте водопропускных сооружений (строительных и эксплуатационных туннелей, каналов, водосливов, водовыпусков и др.), подвергающихся истиранию под действием наносов, влекомых потоком воды.

1.2. Проектирование составов износостойких бетонов для гидротехнических сооружений включает:

установление технических показателей (марок) износостойких бетонов в зависимости от гидравлических, природно-климатических условий и режима работы водопропускных сооружений и конструкций;

выбор вяжущего, добавок к бетонам и заполнителей;

регламентацию основных параметров и правил подбора составов бетона с заданной износостойкостью;

требования к методу экспериментального определения износостойкости бетонов для гидротехнических сооружений.

1.3. Бетонные работы с применением износостойких бетонов должны вестись в соответствии с действующими правилами производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений и дополнительными требованиями к температурно-влажностному уходу за износостойкими бетонами и железобетонными обделками и облицовками, изложенными в настоящем Пособии.

1.4. Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки, приведен в Приложении 1.

Разработано ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева»	Утверждено РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/408 от 28.04.98.	Срок введения II кв. 2000 г.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К БЕТОНАМ И БЕТОННЫМ СМЕСЯМ

2.1. Технические требования к бетонам

2.1.1. Марки бетонов по износостойкости следует устанавливать в соответствии с табл. 2.1 в зависимости от скорости движения потока воды, величины среднегодового твердого стока через водопропускную конструкцию и среднего (расчетного) диаметра донных наносов.

2.1.2. Расчетный среднегодовой удельный твердый сток, проходящий через водопропускную конструкцию (сооружение), вычисляют по формуле

$$G = \frac{A_1 Q}{100F} \quad (\text{м}^3/\text{м}^2 \text{ год}),$$

где A_1 – насыщение потока влекомыми наносами, %; Q – среднегодовой жидкий сток, м^3/год; F площадь истирания на 1 пог. м длины водопропускного тракта, м^2 (в расчет принимается ширина лотка с учетом заплечиков 0,5 м для боковых сторон водопропускного тракта).

2.1.3. Основные параметры бетонов, отвечающие их маркам по износостойкости, устанавливают в соответствии с табл. 2.2.

Примечание. При устройстве износостойких облицовок из слоя крупных камней (150-300 мм), втопленных в бетон, подстилающий и заполняющий пустоты между камнями, бетон должен отвечать требованиям, предъявляемым к бетону марки И-1, причем предельная крупность зерен заполнителей не должна превышать 20 мм (40 мм), а подвижность бетонной смеси – 8 см.

2.1.4. Проектный возраст бетона различных классов по прочности и марок по водонепроницаемости принимают, как правило, равным 180 сут., а при специальном обосновании – 28, 90 или 360 сут.

2.1.5. Параметры и состав износостойких бетонов с маркой по износостойкости И-4 и выше рекомендуется устанавливать экспериментально путем испытаний на истираемость по стандартной методике (раздел 7) образцов бетона, близких по параметрам к указанным в табл. 2.2. Истираемость бетона окончательно принимаемого состава должна отвечать условию

$$И_{лаб} \le И_{пред},$$

где $И_{лаб}$ – величина потери массы образцов (кг/м^2·ч), полученная при проведении испытаний бетона на истираемость по методике, изложенной в

разделе 7; $И_{пред}$ – предельно допускаемая величина потери массы образцов, установленная для соответствующей марки износостойкого бетона (см. табл. 2.2.).

Таблица 2.1.

Марки бетонов по истираемости для износостойких облицовок и обделок водопропускных сооружений

Скорость потока воды, м/с	Расчетный удельный среднегодовой твердый сток через сооружение (конструкцию) G, тыс.м^3/м^2 в год					
	до 5,0		до 10,0		до 20,0	
	средний расчетный диаметр наносов $d_н$, мм					
	≤ 20	> 20	≤ 20	> 20	≤ 20	> 20
до 5	И-1	И-2	И-2	И-3	И-3	И-4
свыше 5 до 10	И-2	И-3	И-3	И-4	И-4	И-5
свыше 10 до 15	И-3	И-4	И-4	И-5	И-5	И-6

Примечания:

1. При скоростях потока более 15 м/с или величине расчетного удельного среднегодового твердого стока более 20 тыс. м^3/м^2 в год должны использоваться специальные конструктивные решения (устройство отстойников, струенаправляющих дамб и т.п.) либо облицовки из металла или гранитных плит (блоков). В отдельных случаях при небольших объемах и надлежащем технико-экономическом обосновании износостойкие облицовки могут выполняться из фибробетонов или полимербетонов.

2. Расчетный средний диаметр $d_н$ влекомых наносов определяется по данным распределения (по массе) частиц по фракциям при обеспеченности, равной 50% (см. Приложение 2).

3. При воздействии на облицовки и обделки агрессивных вод марка бетона по износостойкости должна быть повышена на одну ступень.

4. Если влекомые наносы состоят преимущественно из зерен осадочных пород (более 80% по массе), марка бетона по износостойкости может быть понижена на одну ступень, но должна быть не ниже И-1.

5. Требуемая марка бетона по истираемости в зависимости от допускаемой глубины истирания лотка водопропускной конструкции (толщины облицовки), определяется по Приложению 3.

Таблица 2.2

Основные параметры износостойких бетонов различных марок

Марка бетона по износостойкости	Класс бетона по прочности *при сжатии* / Марка бетона по прочности	Марка бетона по водонепроницаемости	Предельная крупность зерен заполнителя, мм	Предельно допускаемая величина водоцементного отношения, В/Ц	Предельные расходы цемента, кг/м^3	Предельные потери массы (в кг на 1 м^2 площади истирания за 1 час) водонасыщенных образцов $И_{пред}$
И-1	В 22,5 / М 300	*W* 8	80	0,48	360	*
В-2	В 30 / М 400	*W* 8	80	0,45	400	*
И-3	В 40 / М 550	*W* 10	80	0,42	430	*
И-4	В 45 / М 600	*W* 10	40	0,40	460	0,30**
И-5	В 50 / М 700	*W* 12	40	0,38	480	0,25**
И-6	В 60 / М 800	*W* 12	40	0,36	500	0,15**

* Для марок бетона по износостойкости И-1 ÷И-3 испытания на истираемость проводятся при специальном требовании в проекте, обоснованном расчетами по износостойкости бетонной облицовки сооружения или конструкции, при этом устанавливаемая проектом величина предельно допустимой потери массы не должна превышать:
для марки И-1 – 0,70; для марки И-2 – 0, 50 и для марки И-3 – 0,35 кг (в расчете на 1 м^2 площади истирания за 1 час).

**Для марок бетона И-4 ÷И-6 рекомендуется использовать портландцементы марок 500 – 600.

2.1.6. Износостойкие бетоны водопропускных конструкций, расположенных в частях сооружений, где бетон может подвергаться попеременному замораживанию-оттаиванию, должны иметь марку по морозостойкости в соответствии с требованиями СНиП 2.06.08-87, но не ниже *F* 200 для сооружений в умеренных, *F* 300 – в суровых и *F* 400 – в особо суровых климатических условиях.

2.1.7. Износостойкие бетоны должны иметь высокую однородность. В проектном возрасте бетона величина коэффициента вариации значений прочности на сжатие должна быть не более 0,12, а плотности не более 0,02.

2.2. Технические требования к бетонным смесям

2.2.1.Подвижность бетонной смеси при ее приготовлении рекомендуется назначать таким образом, чтобы она находилась в пределах 4 – 6 см на месте укладки.

2.2.2.Бетонные смеси должны быть устойчивы к расслоению, сегрегации и не иметь водоотделения при укладке.

2.2.3.Содержание вовлеченного воздуха в бетонных смесях (при применении воздухововлекающих добавок) должно находиться в пределах:

при $Д_{макс}$ = 80 мм (2 – 4%);

при $Д_{макс}$ = 40 мм (3 – 5%).

3. ТРЕБОВАНИЯ К ЦЕМЕНТАМ И ДОБАВКАМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА

3.1. Цементы

3.1.1. В качестве вяжущего для износостойкого бетона рекомендуется применять чистоклинкерный портландцемент марок не ниже М 400, удовлетворяющий основным техническим требованиям ГОСТ 10178-85. При воздействии на бетон сред, агрессивных по содержанию сульфатов, рекомендуется использовать сульфатостойкий чистоклинкерный портландцемент по ГОСТ 22266-76.

Примечание. Для бетона марок И-1 ÷ И-3 допускается применение портландцементов с содержанием минеральных добавок до 5%.

3.1.2. Применяемые цементы должны удовлетворять следующим требованиям:

а) по минералогическому составу клинкера:
содержание C_3S 50 – 55%,
содержание C_2S 20 – 25%,
содержание C_3A не более 7%,
содержание C_4AF 12 – 15%;
б) по содержанию щелочей (в пересчете на Na_2O) – не более 0,6%;
в) по содержанию окиси магния MgO – не более 4%;
г) потери при прокаливании цемента должны быть не более 1%.

3.1.3. Цементы должны поступать, как правило, с одного завода и иметь гарантийный паспорт на каждую партию цемента, поступающую на строительство.

3.2. Поверхностно-активные и минеральные добавки

3.2.1. При приготовлении износостойких, плотных и прочных бетонов необходимо вводить в бетонные смеси эффективные добавки: пластифицирующие, воздухововлекающие (комплексные). В сочетании с ними рекомендуется вводить небольшие (4 – 6% от массы цемента) добавки микросилики. Наибольший эффект при приготовлении износостойких бетонов может быть получен при использовании микросилики (тонкодисперсного кремнезема) в оптимальной комбинации с суперпластификатором.

Примечание. Перечень конкретных добавок, рекомендуемых для износостойких бетонов, приведен в Приложении 4.

3.2.2. С целью упрощения технологии приготовления бетонных смесей износостойкие бетоны марок И-1 ÷ И-3 могут приготавливаться при введении в них лишь поверхностно-активных органических добавок (пластифицирующих, суперпластификаторов, воздухововлекающих или их комплексов).

Для износостойких бетонов марок выше И-3 рекомендуется использовать добавки микросилики в комплексе с пластифицирующими добавками.

3.2.3. При условии требований к бетону по морозостойкости рекомендуется вводить воздухововлекающие или газообразующие добавки.

3.2.4. Выбор добавок, либо их комплексов должен производиться с учетом всех требований к износостойкому бетону, технологии приготовления бетонной смеси и условий производства бетонных работ.

3.2.5. Вода для затворения бетонной смеси, приготовления растворов химических добавок и ухода за бетоном должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-79.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ЗАПОЛНИТЕЛЯМ

4.1. Песок и крупный заполнитель для износостойких бетонов должны удовлетворять требованиям ГОСТ 26633-91 к заполнителям для бетонов гидротехнических сооружений с дополнениями, приведенными ниже.

4.2. Пески следует применять природные (кварцевые и полевошпатовые) или получаемые искусственно дроблением из твердых и плотных каменных пород.

4.3. Модули крупности применяемых песков должны быть не менее 2,0 и не более 3,0. Применение мелких песков не допускается.

4.4. Содержание в песке пылевидных, илистых и глинистых частиц допускается не более 1% по массе. Наличие в песке глины в виде отдельных комьев или пленки, обволакивающей зерна песка, не допускается. Песок должен быть отсеян от зерен крупнее 5 мм и тщательно отмыт от зерен мельче 0,05 мм.

4.5. Содержание слюды в песке допускается не более 1% по массе. Содержание в песке сернокислых и сернистых соединений в пересчете на SO_3 (% по массе) должно быть не более 1%.

4.6. Песок не должен содержать частиц угля и органических примесей.

4.7. Пустотность песка должна быть не более 40 – 45%.

4.8. Песок и щебень (гравий), применяемые для износостойкого бетона, не должны содержать опал и другие аморфные видоизменения кремнезема (халцедон, кремнистые сланцы и др.), способные вступать в опасное взаимодействие со щелочами цемента.

4.9. Для приготовления износостойкого бетона следует применять, как правило, щебень, получаемый дроблением из плотных и прочных невыветрившихся изверженных пород. Прочность таких горных пород должна быть в водонасыщенном состоянии не менее 100 МПа. Водопоглощение щебня должно быть не более 0,5%.

Примечание. Для износостойкого бетона марок И-1 ÷ И-3 при соответствующем обосновании допускается применение щебня из осадочных пород и гравия, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 26633-91 к заполнителям для бетонов гидротехнических сооружений.

4.10. Содержание в крупном заполнителе глины, ила и пылевидных фракций, определяемых отмучиванием, допускается не более 0,5% по массе. Не допускается наличие глины в виде отдельных комьев или обволакивающей зерна пленки.

4.11. Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 (% по массе), в щебне (гравии) должно быть не более 0,5%.

4.12. Щебень (гравий) не должен содержать частиц угля и органических примесей.

4.13. Содержание игловатых и лещадных зерен по массе должно быть не более 15%.

4.14. Удельный вес зерен щебня (гравия) должен быть не менее 2,5 г/см^3.

4.15. Щебень, предназначенный для морозостойкого износостойкого бетона, испытываемый непосредственным замораживанием, должен иметь марку по морозостойкости не ниже принятой в проекте марки бетона по морозостойкости.

4.16. Марка щебня по дробимости для износостойкого бетона должна быть не выше ДР-8.

4.17. Наибольшую крупность щебня (гравия) следует устанавливать в соответствии с рекомендациями табл. 2.2. настоящего Пособия.

4.18. Для обеспечения постоянства зернового состава с целью достижения однородности структуры бетона крупный заполнитель рекомендуется фракционировать следующим образом:

при $Д_{макс}$ = 40 мм на фракции: 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40 мм;
при $Д_{макс}$ = 80 мм на фракции: 5 – 20; 20 – 40; 40 – 80 мм.

4.19. При дроблении горных пород для получения щебня рекомендуется применять дробильные установки, позволяющие получать форму зерен щебня, приближающуюся к кубической.

4.20. Площадки под штабелями заготовляемого щебня (гравия) и складские площадки заполнителей на бетонных заводах должны иметь бетонное покрытие с целью минимального их загрязнения.

4.21. Склады отдельных фракций щебня (гравия) и песка в местах заготовки и на бетонных заводах должны ограждаться бетонными стенками достаточной высоты для предотвращения смешивания песка и отдельных фракций крупного заполнителя.

4.22. Соотношение фракций заполнителей в смеси следует устанавливать опытным путем при подборе состава бетона. Смесь заполнителей должна иметь градацию, обеспечивающую приготовление плотного бетона, обладающего требуемой износостойкостью при минимальной водопотребности и расходе цемента.

5. ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА СОСТАВОВ ИЗНОСОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

5.1. При подборе составов износостойких бетонов рекомендуется руководствоваться указаниями П-21-74 с учетом ряда особенностей, приведенных ниже в пп. 5.2. – 5.10.

5.2. Получение износостойкого плотного и прочного бетона требует выполнения комплекса технологических мероприятий, включая особо тщательный подбор состава бетонной смеси, соблюдение предельно допустимых значений В/Ц, не превышающих значений, указанных в табл. 2.2. настоящего Пособия, применение высококачественных цементов и фракционированных заполнителей при обязательном использовании эффективных добавок, отвечающих требованиям ГОСТ 30459-96.

5.3. Подбор состава бетона с добавками ПАВ или их комплексами может производиться путем корректировки состава бетона без добавок, при соблюдении требований к величине водоцементного отношения и наибольшей крупности заполнителей, приведенных в табл. 2.2, либо прямым путем, исключая предварительный подбор состава бетона без добавок.

5.4. Состав бетона с добавками следует подбирать по требуемым показателям подвижности бетонной смеси, износостойкости, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона. При этом водоцементное отношение бетонной смеси с добавками должно быть ниже, чем у бетонной смеси без добавок:

при применении пластифицирующих и комплексных добавок не менее, чем на 0,02 – 0,05;

при применении суперпластификаторов и комплексных добавок с ними не менее, чем на 0,1 – 0,15.

5.5. С целью обеспечения требуемых технологических свойств бетонных смесей и физико-механических свойств износостойких бетонов марок выше И-3 подбор их составов рекомендуется производить с использованием комплексных добавок, включающих минеральные и пластифицирующие добавки, приведенные в Приложении 4.

5.6. При применении добавок или их комплексов оптимальное содержание песка в бетонной смеси рекомендуется уточнять экспериментально при соблюдении требуемой подвижности бетонной смеси.

5.7. Для повышения прочности и плотности бетона при применении добавок и их комплексов требуемая подвижность бетонной смеси должна обеспечиваться при уменьшенном количестве воды затворения и неизменном расходе цемента.

5.8. Из подобранных смесей приготавливаются образцы для определения прочности бетона на сжатие (водонепроницаемости, морозостойкости) и, если требуется, истираемости. Оптимальной дозировкой добавки или добавок считается такое ее (их) количество, при котором достигается максимальное сокращение водопотребности смеси при сохранении заданной подвижности, получение требуемой прочности, водонепроницаемости и износостойкости бетона.

5.9. При корректировке состава бетона с добавками или комплексными добавками, смеси обязательно должны перемешиваться в бетоносмесителе с максимальным приближением условий перемешивания (по виду смесителя и времени перемешивания) к производственным, а полученные данные затем проверяться в производственных условиях.

5.10. Подбор состава бетона производится в следующей последовательности:

для назначенной марки бетона по износостойкости рассчитывают предварительный состав бетона при соблюдении водоцементного отношения и наибольшей крупности заполнителей, приведенных в табл. 2.2, с учетом фактических характеристик исходных материалов и выбранных добавок;

дополнительно к начальному составу рассчитывают еще два состава при значениях В/Ц, отличающихся от принятых для начального состава в меньшую сторону на 10 – 15%;

приготавливают опытные замесы по начальному и дополнительным составам, объем каждого опытного замеса должен превышать не менее чем на 10% суммарный объем изготовляемых из него образцов и проб, используемых для определения свойств бетонной смеси и бетона;

количество образцов и условия их испытания на плотность, прочность, водонепроницаемость и морозостойкость определяются по ГОСТ 10180-90, ГОСТ 12730-85 и ГОСТ 10060-95;

число контрольных образцов для проведения испытания на износостойкость (истираемость) должно быть не менее 6;

испытания образцов на износостойкость (истираемость) проводят по методике, изложенной в разделе 7 настоящего Пособия;

бетон образцов, выдержавших испытания на износостойкость, должен удовлетворять требованиям по прочности на сжатие, по водонепроницаемости, а при необходимости, и по морозостойкости.

6. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНИРОВАНИЯ

6.1. Бетонирование износостойких облицовок и обделок должно вестись с соблюдением правил, установленных ВСН 31-83, и дополнительных требований пп.6.2.– 6.7 настоящего Пособия.

6.2. Температура бетонной смеси при укладке в летнее время должна быть не выше 20°С, а в холодное время – не ниже + 5 °С.

6.3. Бетонирование износостойких конструкций должно быть организовано так, чтобы практически исключить образование строительных швов, непредусмотренных проектом.

6.4. Расчетная толщина износостойкой облицовки определяется по методике, изложенной в Приложении 3.

6.5. Разрезку износостойких обделок туннелей на блоки бетонирования рекомендуется принимать такой, чтобы обеспечивалась возможность одновременного бетонирования лотка и вутов.

6.6. При возведении массивных сооружений укладка износостойких бетонов в облицовку водосливов, водовыпусков и т.п. должна вестись, как правило, одновременно с укладкой основного бетона, чем достигается их надежная связь друг с другом.

Примечание. При толщине облицовок более 1 м допускается раздельная укладка износостойкого бетона в выштрабленные от основного массива блоки с установкой анкерной арматуры, обеспечивающей совместную работу облицовки с бетонной кладкой тела сооружения.

Бетонирование износостойких облицовок и обделок рекомендуется вести преимущественно в весеннее и осеннее время при температурах воздуха 5 – 20°С.

6.7. Влажностный уход за износостойким бетоном должен продолжаться, как правило, не менее 28 суток.

6.8. Устройство износостойких облицовок (защитных слоев) из фибробетонов или полимербетонов должно вестись в соответствии со специальными инструкциями, регламентирующими их применение.

7. МЕТОД ИСПЫТАНИЯ НА ИСТИРАЕМОСТЬ

7.1. Испытания образцов на истираемость проводят по ГОСТ 13087-81.

7.2. Истираемость бетона следует определять при подборе состава износостойкого бетона, а также при изменении состава износостойкого бетона (см. п. 2.1.5).

7.3. Отбор проб бетона для изготовления образцов следует производить:

при подборе состава бетона – из лабораторного замеса;

при производственном контроле – у места укладки бетона или при выдаче бетонной смеси с бетонных заводов.

7.4. При определении истираемости бетона с зернами заполнителя крупностью до 20 мм образцы изготавливают в формах-кубах размером 7х7х7 см. При определении истираемости бетонов с зернами заполнителя крупностью более 20 мм образцы для испытаний должны выпиливаться по ГОСТ 28570-90 из бетонных образцов большего размера, изготавливаемых в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90 в зависимости от наибольшей крупности заполнителя.

7.5. Испытание бетона на круге истирания проводят на образцах предварительно насыщенных водой по ГОСТ 12730.3-85.

7.6. Испытанию подвергается рабочая поверхность бетонного образца, т.е. та поверхность, которая непосредственно будет воспринимать истирающее действие потока с влекомыми наносами.

7.7. Определение истираемости бетона следует производить в возрасте, соответствующем достижению бетоном проектной марки по прочности, если в проекте не установлен другой возраст для определения истираемости.

Приложение 1
(Справочное)

Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки

ГОСТ 10060-95. Бетоны. Методы определения морозостойкости.

ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 12730.1-85. Бетоны. Методы определения плотности.

ГОСТ 12730.3-85. Бетоны. Метод определения водопоглощения.

ГОСТ 12730.5-84. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 13087-81. Бетоны. Методы определения истираемости.

ГОСТ 22266-94. Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ 23732-79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций.

ГОСТ 30459-96. Добавки для бетонов. Методы определения эффективности.

СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.

ВСН 31-83. Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений.

П 21-74. Руководство по проектированию состава гидротехнических бетонов.

Приложение 2
(Рекомендуемое)

График зернового распределения частиц по фракциям*

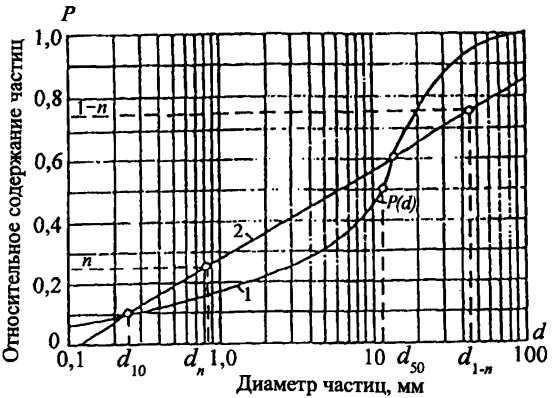

Рис. 1

1 – график суммарного относительного содержания (обеспеченности) частиц в грунте (кривая зернового состава грунта);

2 – вспомогательный график для определения расчетных размеров частиц по В.Н. Кондратьеву.

$d_н = d_в = d_{30\%}$ (при P = 0,50)

---

* **Кондратьев В.Н.** Фильтрация и механическая суффозия в несвязных грунтах. Симферополь: Крымиздат, 1958.

Приложение 3
(Рекомендуемое)

Методика и пример расчета на износ лотка строительного туннеля потоком воды, несущим наносы

Исходные данные:

Туннель безнапорный
Диаметр туннеля D, м 9,0
Глубина потока воды в туннеле H, м 5,0
Продолжительность эксплуатации туннеля t, год 3
Площадь истирания на 1 м туннеля F, м^2 7,5
(в расчет принимается ширина лотка плюс высота заплечиков по 0,5 м)
Среднегодовой жидкий сток через туннель Q, м^3/год ..... $125 \cdot 10^7$
Насыщение потока донными наносами A_1, % 0,000535
Расчетная скорость потока в туннеле V, м/с 6,0
Средний расчетный диаметр донных наносов $d_н$, м 0,1
Средняя объемная масса частиц наносов $\gamma_н$, кг/м^3 2650
Прочность частиц наносов на сжатие $R_н$, МПа 100,0
Коэффициент трения скольжения мокрых частиц по бетону μ 0,5*
Марка бетона по прочности на сжатие $R_б$, МПа 70,0
Объемная масса бетона $\gamma_б$, кг/м^3 2400
Наибольшая крупность зерен крупного заполнителя $D_{к.з}$, мм 80
Прочность крупного заполнителя $R_{к.з.}$, МПа 100,0

Толщина износа облицовки на износостойкость при воздействии равномерного течения потока воды с наносами рассчитывается по следующей эмпирической формуле:

$$h = A \frac{V}{\sqrt{g H}} \cdot \frac{R_н^2 \gamma_н}{\gamma_б R_б R_{кз} D_{кз}} G \mu ,$$

---

* Принят по данным, полученным ГрузНИИЭГС.

где A – коэффициент пропорциональности, принимаемый равным $1 \cdot 10^{-6}$; G – расчетный среднегодовой удельный твердый сток, проходящий через туннель (м³/м² год); h – глубина износа облицовки (м); g – ускорение силы тяжести (9,81 м/сек²).

Остальные обозначения в формуле известны из исходных данных.

Расчет облицовки строительного туннеля на износ

1. Вычисляем среднегодовой удельный твердый сток (G), проходящий через туннель, по формуле, приведенной в разделе 2 Пособия, и исходным данным

$$G = \frac{A_1 Q}{100 F} = \frac{0{,}000535 \cdot 125 \cdot 10^7}{100 \cdot 7{,}5} = 892 \quad (\text{м}^3/\text{м}^2\text{год}).$$

2. По вычисленной величине удельного среднегодового твердого стока при расчетной скорости потока в туннеле равной 6 м/сек и среднем расчетном диаметре наносов $d_н \geq 20$ мм согласно табл. 2.1. Пособия следует назначить марку по износостойкости И-5, а по табл. 2.2 – марку бетона по прочности М700.

3. При подборе состава бетона используется крупный заполнитель с наибольшей крупностью D_3= 80 мм и пределом прочности при сжатии $R_{к.з}$= 100,0 МПа.

4. Принимая объемную массу бетона равной γ_6= 2400 кг/м³ и имея все исходные данные, вычисляем глубину износа h бетонной облицовки за 1 год по выше приведенной эмпирической формуле:

$$h_i = A \frac{V}{\sqrt{g H}} = \frac{R_н^2 \gamma_н}{\gamma_6 R_6 R_{кз} D} = G\mu =$$

$$10^{-6} \frac{6}{\sqrt{9{,}81 \cdot 5}} \frac{0{,}1 \cdot 2650}{2400 \cdot 0{,}07 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}08} 892 \cdot 0{,}5 =$$

$$10^{-6} \cdot 0{,}857 \cdot 197{,}8 \cdot 446 = 0{,}07 \quad (\text{м}).$$

5. Глубина износа облицовки туннеля за 3 года эксплуатации с учетом коэффициента запаса 1,5 составит

$$h = 0{,}07 \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 0{,}31 \ (\text{м}).$$

Приложение 4
Справочное

Перечень основных добавок, рекомендуемых для износостойкого бетона

Вид добавки	Наименование	Условная марка	Пределы дозировок в пересчете на сухое вещество, % от массы цемента	Критерий эффективности	Нормативный документ
Пластифицирующие, разжижители	Суперпластификатор С-3 (разжижитель)	С-3	0,3 – 0,8	Снижение водопотребности бетонной смеси на 15 – 30% Увеличение прочности в 1,5 –2 раза*	ТУ 36-0204229-625
	Лигносульфонаты технические	ЛСТ	0,15 – 0,25		ТУ 13-0281036-05
	Лигносульфонаты технические модифицированные	ЛСТМ-2	0,12 – 0,25		ОСТ 13-287
Воздухововлекающие, газообразующие	Смола древесная омыленная	СДО	0,15 – 0,30	Повышение морозостойкости	ТУ 13-05-02
	Смола нейтрализованная воздухововлекающая	СНВ	0,05 – 0,20	Повышение коррозионной стойкости в агрессивных средах в 1,5 – 2,5 раза	ТУ 6-02-696
	Этил- и метил-силиконат натрия	ГКЖ-10	0,05 – 0,20		ТУ 02-694
		ГКЖ-11	0,05 – 0,20		
	Полигидросилоксан	136-157	0,08 – 0,15		ТУ ОП 81-05-125-81
	Лесохимическая добавка	ЛХД	0,1 – 0,2		
Минеральные	Пылевидные отходы ферросплавного производства, микросилика	Тонкодисперсный кремнезём. Аморфный диоксид кремния	5,0 – 15,0	Улучшение удобообрабатываемости бетонной смеси. Повышение плотности бетона. Повышение марочной прочности в 1,5 – 2,0 раза **	Пылевидные отходы ферросплавного производства ГОСТ 1415-93

Примечания: * В комплексе с добавками микросилики. **В комплексе с пластифицирующими добавками

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 4

2. Технические требования к бетонам и бетонным смесям 5

2.1. Технические требования к бетонам 5

2.2. Технические требования к бетонным смесям . . . 8

3. Требования к цементам и добавкам для приготовления бетона 8

3.1. Цементы 8

3.2. Поверхностно-активные и минеральные добавки . . 9

4. Требования к заполнителям 10

5. Особенности подбора составов износостойких бетонов . . 12

6. Требования к технологии бетонирования 14

7. Метод испытания на истираемость 15

Приложение 1 (Справочное). Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки 16

Приложение 2 (Рекомендуемое). График зернового распределения частиц по фракциям 17

Приложение 3 (Рекомендуемое). Методика и пример расчета на износ лотка строительного туннеля потоком воды, несущим наносы 18

Приложение 4 (Справочное). Перечень основных добавок, рекомендуемых для износостойкого бетона 20

gost.e-ecolog.ru