

Научно-исследовательский институт
бетона и железобетона
Госстроя СССР
(НИИЖБ)

РУКОВОДСТВО
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ИЗГОТОВЛЕНИЮ
СБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
ИЗ КИСЛОСТОЙКОГО БЕТОНА

Утверждено
директором НИИЖБ
14 января 1980 г.

Москва 1980

УДК 691.31:678.06

Рекомендовано к изданию секцией теории железобетона НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 8 апреля 1980 г.

Руководство по проектированию и изготовлению сборных конструкций из кислотостойкого бетона. М., НИИЖБ, 1980. 27 с. (Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя СССР).

Руководство содержит основные положения по проектированию и изготовлению сборных конструкций из кислотостойкого бетона на основе натриевого жидкого стекла.

Приведены нормативные и расчетные характеристики кислотостойкого бетона и требования к расчету и конструированию конструкций по первой и второй группе предельных состояний с учетом влияния агрессивной кислой среды и воды.

Указаны требования к материалам и способам приготовления и укладки кислотостойкого бетона, а также мероприятия по технике безопасности при производстве работ.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников проектных и научно-исследовательских организаций, предприятий-изготовителей и заводских лабораторий.

Табл. 6, ил. 1.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее Руководство составлено в развитие "Инструкции по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур" (СН 482-76).

Целью данного Руководства является разработка основных положений по проектированию и изготовлению конструкций из кислотоустойкого бетона, эксплуатирующихся в агрессивных кислых жидких и газообразных средах при положительных температурах не выше 50°C.

В Руководстве приведены требования к материалам для бетона; изложена методика для расчета и проектирования элементов конструкций из кислотоустойкого бетона по предельным состояниям первой и второй групп и даны рекомендации по технологии его приготовления. В приложении приведены составы и свойства кислотоустойких бетонов на жидком стекле с различными модифицирующими добавками и методы контроля качества сырья и готовой продукции.

Руководство составлено на основе лабораторных исследований и результатов опытно-промышленного внедрения конструкций из кислотоустойкого бетона.

Руководство разработано НИИЖБ Госстроя СССР (доктора техн. наук, профессора В.М.Москвин, В.В.Патуроев, канд. техн. наук Е.А.Гузеев, д-р техн. наук И.Е.Путляев, канд. техн. наук Г.П.Тонких). В разработке разделов I, 2, 6 и приложений приняли участие канд. техн. наук Н.Ф.Шестеркина (НИИЖБ Госстроя СССР), канд. техн. наук Ю.И.Нянюшкин (ВНИИЖ Минхимпрома СССР) и канд. техн. наук В.А. Орельев (Минтяжстрой СССР).

Замечания и предложения по Руководству просим направлять по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ.

Дирекция НИИЖБ

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящее Руководство распространяется на проектирование и изготовление сборных конструкций заводского изготовления из кислотостойкого бетона, работающих при положительных температурах (не выше 50°C) в кислых жидких и газообразных средах.

Кислотостойкий бетон² - бетон, изготовленный на основе натриевого жидкого стекла, кислотостойких наполнителей и заполнителей, отвердителя, полимерной уплотняющей добавки и добавки ингибитора коррозии стальной арматуры.

Примечание. При наличии экспериментальных данных допускается расчет и применение конструкций из кислотостойкого бетона в условиях повышенной температуры до 100°C для жидких кислых сред и до 200°C - для газов. Перепад температур по толщине сечения элемента допускается не более 30°C.

1.2. Армированные и неармированные конструкции из кислотостойкого бетона проектируются в соответствии с указаниями Инструкции СН 482-76 с учетом особенностей эксплуатации.

Расчетные параметры, рекомендуемые Руководством, приняты по наименьшим значениям для повышения надежности работы конструкций.

1.3. Настоящее Руководство распространяется на проектирование и изготовление следующих конструкций, работающих в условиях агрессивных кислых сред с концентрацией не менее 5%:

несущих (сжатые и изгибаемые элементы конструкций вентиляции - онных галерей, газоходов, коллекторов, наливных сооружений);

самонесущих (изгибаемые плиты стен, перегородок, покрытий; поддоны; лотки и т.д.);

ненесущих (плиты полов; конструкции приямков, каналов, сливов и т.д.).

1.4. Конструкции и изделия их кислотостойкого бетона рекомендуется использовать:

при постоянном и периодическом действии кислот различных концентраций (кроме плавиковой и кремнефтористоводородной) и кислых газов;

при постоянном действии кислот, кислых газов и кратковременном действии воды (продолжительность действия воды см. п.3.7).

² Термин "кислотостойкий бетон" объединяет в себе термины "полимерсиликатный бетон" и "силикатопolyмерный бетон".

Допускается использование конструкций из кислотостойкого бетона в естественных температурно-влажностных условиях ($t < 50^{\circ}\text{C}$; $W=60-80\%$) и при постоянном или периодическом действии воды.

1.5. Не допускается применение несущих и самонесущих армированных конструкций в условиях первоначального длительного действия воды и последующего действия жидких кислот сред.

Примечание. При проектировании армированных конструкций, систематически подвергавшихся попеременному действию кислот и воды (плиты пола, ванны, баки и т.п.), следует предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие постоянный отвод воды с этих конструкций, исключение затекания воды в труднодоступные места и ее скопление.

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КИСЛОСТОЙКОГО БЕТОНА, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИЕСЯ В АГРЕССИВНЫХ КИСЛЫХ СРЕДАХ

Бетон. Нормативные и расчетные характеристики бетона

2.1. Для конструкций из кислотостойкого бетона предусматриваются проектные марки бетона по прочности на сжатие М 200, М 300 и М 400^ж.

2.2. Для конструкций, эксплуатирующихся в условиях агрессивных кислых сред, рекомендуется использовать характеристику кислотонепроницаемости бетона K_K , которая выражается величиной, обратной глубине проникания кислоты в глубь бетона за эксплуатационный срок службы конструкций в агрессивной среде (30 лет), и равняется 15, 25, 30 и 35.

2.3. Характеристику кислотостойкости определяют по глубине проникания кислоты (концентрация кислоты принимается исходя из условий эксплуатации) в образец размером 10x10x10 см за время 30 сут. После испытаний в кислоте образцы испытывают на сжатие для определения коэффициента стойкости $K_{ст}$ (см. п.6.3 настоящего Руководства).

Полученные значения δ_K сравнивают с данными табл. I и определяют характеристику непроницаемости кислого бетона. При промежуточных значениях δ_K рекомендуется меньшее значение кислотонепроницаемости.

^ж Состав бетона с компаундом разработан ВНИИ Минкинпрома СССР (см. прил. 2).

Таблица I

Глубина проникания кислоты δ_k (м) за 30 сут	Характеристика кислотонепроницаемости бетона M_k
0,022	15
0,018	25
0,016	30
0,014	35

2.4. Использование кислотостойкого бетона с кислотонепроницаемостью меньше 15 и $K_{ст}$ меньше 0,7 для конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах, не рекомендуется.

2.5. Для изготовления несущих армированных конструкций проектная марка должна быть не менее $M 200$.

2.6. При замоноличивании стыков конструкций следует применять мелкозернистый, песчаный бетон и предусматривать проектную марку бетона конструкций.

2.7. Расчетные сопротивления кислотостойкого бетона на осевое сжатие (приземная прочность) для предельных состояний первой и второй групп в зависимости от проектной марки бетона принимаются согласно указаниям п.2.6 Инструкции СН 482-76 (как для тяжелого бетона).

Расчетные сопротивления на осевое растяжение для предельных состояний первой и второй групп определяют согласно Инструкции СН 482-76 умноженными на коэффициент 1,8.

2.8. При расчете конструкций, которые эксплуатируются в условиях влажности 60-80%, исключая систематическое увлажнение, расчетные сопротивления кислотостойкого бетона $R_{пр}$, $R_{прП}$, R_p и $R_{рП}$ следует умножить на коэффициент условий работы согласно главе СНиП П-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции" (табл.15, п.1,а, как в остальных случаях), равный 0,85.

При расчете конструкций, предназначенных для работы в условиях агрессивных кислот сред и воды, расчетные сопротивления кислотостойкого бетона $R_{пр}$, $R_{прП}$, R_p и $R_{рП}$ рекомендуется принимать: при концентрации кислот менее 10% - не больше 0,45; от 10 до 20% - не больше 0,5, более 20% - не больше 0,55 и при эксплуатации в воде - не больше 0,4 от расчетных сопротивлений, приведенных в п.2.7 настоящего Руководства.

2.9. Начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении в условиях влажности 60-80%, исключая систематическое увлажнение, в зависимости от марки бетона М 200, М 300 или М 400 принимается по Инструкции СН 482-76 умноженным на коэффициент 0,95.

При действии кислот различных концентраций и воды начальный модуль упругости бетона определяется путем умножения на коэффициент β , принимаемый по табл.2.

Таблица 2

Значение коэффициента β при		концентрации кислоты, %			
эксплуатации		5	10	20	30 и более
в нормальных условиях; влажность 60-80%, исключая систематическое увлажнение	в условиях возможности выпадения конденсата и при действии воды				
I	0,75	0,8	0,85	0,9	I

Примечание. При промежуточных значениях концентраций кислот значения коэффициента β следует определять по интерполяции.

2.10. Коэффициент линейных температурных деформаций бетона при изменении температур от 0 до 100°C следует принимать равным $0,8 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

2.11. Начальный коэффициент поперечных деформаций бетона (коэффициент Пуассона) μ следует принимать равным 0,2, а модуль сдвига бетона G - равным 0,4 от соответствующих значений E_c с учетом рекомендаций п.2.9 настоящего Руководства.

Арматура

2.12. Для армирования конструкций, а также для закладных деталей следует принимать арматуру классов В-I, В_p-I, А-I, А-II, А-III и А-IV.

2.13. Нормативные и расчетные характеристики арматуры следует принимать согласно указаниям пп.2.13-2.14 Инструкции СН 482-76 (как для температур до 50°C).

3. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ КИСЛОСТОСТОЙКОГО БЕТОНА ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

Расчет неармированных элементов из кислотостойкого бетона по прочности

3.1. Расчет неармированных элементов по прочности следует производить в соответствии с указаниями Инструкции СН 482-76 как для температур до 50°C, принимая:

расчетные характеристики материалов по разделу 2 настоящего Руководства;

- коэффициент β по п.3.2 СН 482-76, равным 1;
- " k_n по п.1.16 СН 482-76, равным 0,85;
- " \bar{v} по п.1.16 СН 482-76, равным 1;
- " a по п.3.7 СН 482-76, равным 0,85.

Расчет армированных элементов из кислотостойкого бетона по прочности

3.2. Расчет армированных элементов по прочности следует производить согласно требованиям Инструкции СН 482-76 как для температур до 50°C и с учетом рекомендаций пп.3.3-3.8 настоящего Руководства.

3.3. Расчетные характеристики материалов следует принимать согласно рекомендациям разд.2 настоящего Руководства.

3.4. При эксплуатации конструкций в условиях действия кислот и кислых газов, в зависимости от предполагаемого времени их непосредственного контакта с конструкцией глубину проникания агрессивных компонентов среды определяют по формуле

$$\delta_k = 2z \sqrt{D^i \tau} + 0,01 \quad (м), \quad (I)$$

где Z - безразмерная величина, принимаемая в зависимости от концентрации кислоты:

при концентрации 5% - $Z = 0,16$; 10% - $Z = 0,68$; 20% - $Z = 0,9$; 30% и более $Z = 1,05$.

Примечание. При промежуточных значениях концентраций кислоты значение Z принимается по интерполяции.

D^i - эффективный коэффициент диффузии кислот в бетоне, принимаемый по табл.3 настоящего Руководства.

Таблица 3

Концентрация серной кислоты, %	Эффективный коэффициент диффузии серной кислоты ($D' \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$) за период, сут					
	10	100	300	500	1000	10000
5	22,9	9,15	4,81	3,2	2,52	0,892
10	0,93	0,45	0,25	0,165	0,152	0,064
20	0,3	0,15	0,076	0,054	0,05	0,022
30	0,164	0,079	0,042	0,027	0,024	0,01

Примечание. Значение D' для промежуточных концентраций кислоты и времени ее действия на конструкцию определяется по прямой интерполяции.

τ - время непосредственного контакта кислоты с конструкцией принимается:

до 10 сут - при аварийных проливах кислот;

до 100 сут - при проливах кислот на труднодоступные конструкции;

до 1000 сут - при технологических проливах на конструкции подвальных эстакад;

до 10000 сут - в условиях эксплуатации наливных сооружений.

При обосновании времени взаимодействия конструкций с кислотой может приниматься другое.

3.5. Толщина защитного слоя бетона (a) для стальной арматуры назначается из условия $a > \delta$.

3.6. С учетом вычисленной толщины защитного слоя бетона определяют размеры поперечного сечения конструкций и вычисляют рабочую высоту.

3.7. Допустимую продолжительность действия воды на бетон $T_{\text{H}_2\text{O}}$, ч, после его взаимодействия с кислотой концентрацией более 5% определяют по формуле

$$T_{\text{H}_2\text{O}} = K \cdot \lg \tau, \quad (4)$$

где K - коэффициент пропорциональности, принимаемый в зависимости от концентрации кислоты равным:

при концентрации 5% - $K=3$; 10% - $K=6$; 20% - $K=10$; 30% - $K=12$;

τ - время первоначального действия кислоты на конструкция, сут.

Примечание. При промежуточных значениях концентрации кислоты значение коэффициента K принимается по интерполяции.

Расчет по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента

3.8. При расчете сечений, наклонных к продольной оси элемента, на действие поперечных сил следует принимать:

расчетные характеристики материалов согласно разд.2 настоящего Руководства;

коэффициент K_1 по п.3.12 СН 482-76, равным 0,5;

" K_2 по п.3.13 СН 482-76, равным 1,8;

" K_3 при расчете изгибаемых элементов без поперечной арматуры по п.3.14 СН 482-76, равным 1,2;

коэффициент K по п.3.17 СН 482-76, равным 1.

4. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ

4.1. Расчет конструкций, эксплуатирующихся в условиях агрессивной кислой среды, по второму предельному состоянию производится по образованию трещин. При эксплуатации конструкций в естественных температурно-влажностных условиях и при постоянном действии воды расчет производится по раскрытию трещин. Допускаемая ширина трещин в нормальных условиях - 0,2 мм, а при действии воды - 0,15 мм (по табл.6 и 7 главы СНиП П-28-73^ж "Защита строительных конструкций от коррозии", как для слабоагрессивной среды).

Расчет армированных элементов по образованию трещин

4.2. Расчет армированных элементов по образованию трещин следует производить в соответствии с указаниями пп.4.1-4.7 Инструкции СН 482-76, принимая:

расчетные характеристики материалов согласно разд.2 настоящего Руководства;

коэффициенты m_1 и m_2 по п.4.6 СН 482-76 равными соответственно 0,5 и 2.

Расчет армированных элементов по раскрытию трещин

4.3. Расчет по раскрытию и закрытию трещин, нормальных и наклонных к продольной оси элемента, следует производить в соответствии с указаниями Инструкции СН 482-76, принимая:

ширину раскрытия трещин a_{tr} , нормальных к продольной оси элемента, на уровне центра тяжести растянутой арматуры по пп.4.8-4.10 Инструкции СН 482-76;

расчетные характеристики материалов согласно разд.2 настоящего Руководства.

Расчет элементов армированных конструкций по деформациям

- а) Определение кривизны армированных элементов на участках без трещин в растянутой зоне

4.4. На участках элемента, где отсутствуют нормальные к продольной оси трещины, кривизну изгибаемых, внецентренно-сжатых и внецентренно-растянутых элементов различных сечений следует определять, как для сплошного упругого тела согласно указаниям п.4.12 Инструкции СН 482-76 с учетом действительных характеристик материала, приведенных в разд.2 настоящего Руководства. Коэффициент σ , учитывающий влияние длительной ползучести бетона, принимается равным 1 при кратковременном нагружении и равным 2 - при длительном нагружении.

- б) Определение кривизны армированных элементов на участках с трещинами в растянутой зоне

4.5. На участках элемента, где образуются нормальные к продольной оси трещины в растянутой зоне, кривизну изгибаемых, внецентренно-сжатых, внецентренно-растянутых элементов следует определять согласно указаниям п.4.13 Инструкции СН 482-76, принимая коэффициент ψ , характеризующий упругопластическое состояние бетона сжатой зоны, равным при длительном действии нагрузки: в нормальных условиях ($t \leq 50^\circ\text{C}$; $w = 60-80\%$) 0,13; при постоянном действии воды (больше чем предусмотрено в п.3.7 настоящего Руководства) 0,1; при кратковременном действии нагрузки 0,45.

Примечание. При других сочетаниях действия нагрузки и среды коэффициент ψ принимать, как при длительной действии нагрузки.

- в) Определение прогибов

4.6. Прогибы и жесткость элементов следует определять согласно требованиям пп.4.14-4.18 Инструкции СН 482-76, принимая: величину C согласно рекомендациям п.4.4 настоящего Руководства; величину G согласно рекомендациям п.2.II настоящего Руководства.

5. КОНСТРУКТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

5.1. При проектировании конструкций из кислотостойкого бетона для обеспечения условий их изготовления, долговечности и совместной работы арматуры и бетона следует выполнять конструктивные требования, приведенные в Инструкции СН 482-76 как для тяжелого бетона, а также дополнительные требования, изложенные в п.5.2 настоящего Руководства.

5.2. Толщину защитного слоя бетона для продольной рабочей, поперечной (хомутов и отогнутых стержней) и распределительной арматуры в конструкциях, предназначенных для эксплуатации в агрессивной кислой среде, следует принимать в соответствии с рекомендациями пп.3.4-3.6 настоящего Руководства.

Учитывая полученную толщину защитного слоя бетона для стальной арматуры, назначаются минимальные размеры поперечного сечения конструкций, которые должны удовлетворять расчету по действующим условиям и соответствующим группам предельных состояний.

6. ПРИГОТОВЛЕНИЕ КИСЛОСТОЙКОГО БЕТОНА

Материалы для бетона

6.1. Армированные и неармированные конструкции, на проектирование которых распространяются требования настоящего Руководства, изготавливаются из бетона, содержащего следующие компоненты:

натриевое жидкое стекло (ГОСТ 13078-67) с силикатным модулем 2,7-2,9 и плотностью 1,38-1,42 г/см³;

кислотостойкие заполнители: природный кварцевый песок (ГОСТ 8736-77), кислотостойкий щебень, получаемый из кислотостойких пород (андезит, гранит, базальт) (ГОСТ 8267-75). Предел прочности при сжатии естественного камня, применяемого для изготовления песка и щебня, должен составлять не менее 80 МПа, кислотостойкость - не менее 96% по ГОСТ 473.1-72 и водопоглощение - не более 2% по ГОСТ 12730-78. Крупность песка не должна превышать 1-3 мм, а максимальный размер щебня должен быть не более 1/4 толщины бетонируемой конструкции и не более расстояния между арматурными стержнями. Заполнители для кислотостойкого бетона по гранулометрическому составу и содержанию примесей должны удовлетворять требованиям главы СНиП I-B-I-62 "Заполнители для бетонов и растворов" и ГОСТ 10268-70.

Заполнители рекомендуется применять следующих фракций:
песок - 0,15-1; 1-3 мм, щебень - 5-10; 10-20; 20-40 мм.

Тонкомолотый наполнитель - диабазовая мука (СТУ 36-13.717-61) или андезитовая мука (ТУ-6-12-101-77);

инициатор твердения - кремнефтористый натрий (ГОСТ 87-77) с содержанием чистого Na_2SiF_6 не менее 93% и влажностью не более 1%. Тонкость помола кремнефтористого натрия должна быть для получения бетона марки М 250 - $3000 \text{ см}^2/\text{г}$, а для марок М 350 и М 400 - $5000 \text{ см}^2/\text{г}$;

уплотняющая добавка - фуриловый спирт (ССТ 59-127-73) или полимерный компаунд, состоящий из фурилового спирта и фенолформальдегидной резольной водорастворимой смолы типа ФРВ-1 или ФРВ-4 (ТУ 6-05-11(4-78), взятых в соотношении 70-90% фурилового спирта и 30-10% ФРВ;

для армированных конструкций в качестве ингибитора коррозии следует применять комплексную добавку параддецилбензилпиридиновый хлорид (катапин) (ГОСТ 6-873-76) + алкилбензолсульфатодновалентных металлов (сульфонол) (ГОСТ 1253-56), в количестве соответственно 0,3 и 0,2% массы жидкого стекла.

6.2. Для изготовления несущих конструкций настоящим Руководством предусматривается изготовление бетона на основе других составляющих (см. прил. 2) при проведении экспериментальной проверки.

6.3. Основные компоненты кислотостойкого бетона приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование компонентов	Содержание, % массы жидкого стекла	Расход, кг на 1 м^3 бетонной смеси
Натриевое жидкое стекло	100	280-300
Кремнефтористый натрий	15-18	42-45
Кислотостойкий наполнитель	126-130	360-380
Кислотостойкий песок	200-210	560-600
Кислотостойкий щебень	410-420	1200-1220
Фуриловый спирт *	3	8,4-9

* При применении полимерного компаунда вместо фурилового спирта проектирование конструкций производится на основе экспериментальной проверки.

Примечание. Количество жидкого стекла указано для натриевого жидкого стекла с силикатным модулем 2,7-2,9 и плотностью не менее 1,38 г/см³.

Приготовление и укладка бетона

6.4. Описание оборудования, инструментов, приспособлений, а также их размещения для заводской технологии изготовления бетонных и железобетонных конструкций приведено в прил. I.

6.5. Перед началом производства работ должны быть проверены исходные параметры компонентов бетонной смеси на основании требований пп. 6.1-6.3 настоящего Руководства.

6.6. Приготовление бетонной смеси следует проводить в помещении, температура в котором должна быть не ниже 10°C.

6.7. Дозировку сухих компонентов следует производить по массе с точностью $\pm 2\%$. Дозировку жидких компонентов допускается производить по объему с помощью специальных мерников с точностью не более 2%.

6.8. Тонкомолотый кислотоустойчивый наполнитель просеивается через сито 015 (1600 отв/см²) для получения тонкости помола не ниже 2000 см²/г. Остаток на сите можно использовать как мелкий заполнитель.

6.9. Сушку заполнителей и наполнителей при необходимости следует производить в камере сухого прогрева при температуре 100-120°C с постоянным отводом пара и конденсата.

6.10. Кремнефтористый натрий при влажности более 1% просушивается и при тонкости помола менее указанной в п. 6.1 настоящего Руководства домальвается до необходимой тонкости.

6.11. Разбавление натриевого жидкого стекла при его плотности более 1,42 г/см³ производится водой с температурой не ниже 15°C.

6.12. Перед приготовлением бетонной смеси мерные емкости, бункера, дозаторы, барабаны, бетономешалки должны быть тщательно очищены от посторонних материалов и затвердевшего бетона.

6.13. При приготовлении бетонной смеси в зимних условиях заполнители, наполнители и жидкое стекло должны иметь в момент загрузки в бетономешалку температуру не ниже 15°C.

6.14. Приготовление бетонной смеси должно производиться в бетономешалке принудительного действия с объемом не менее 0,25 м³.

6.15. После дозировки всех компонентов бетонной смеси в необходимых количествах производится их предварительное перемешива-

ние: тонкомолотый наполнитель перемешивается с кремнефтористым натрием; жидкое стекло перемешивается с фуриловым спиртом до однородной смеси. При использовании комплексной добавки катапин + сульфенол, первоначально готовится водный раствор сульфенола в соотношении 1:2 (сульфенол + вода) и добавляется к нему катапин, после чего приготовленную смесь наливают в раствор жидкого стекла с фуриловым спиртом и перемешивают до однородной смеси. Для приготовления бетона с добавкой полимерного компаунда дозируют фуриловый спирт и фенолформальдегидную смолу согласно рекомендациям п.6.1 настоящего Руководства, после чего заливают в жидкое стекло и тщательно перемешивают.

6.16. Смесь сухих компонентов и смесь жидкого стекла с фуриловым спиртом и добавкой ингибиторов коррозии могут готовиться на объеме бетонной смеси, предусмотренной для укладки за 24 ч. Перед использованием заранее приготовленные смеси необходимо тщательно перемешивать. Добавка компаунда вводится в объем жидкого стекла, используемого только для разового замеса.

6.17. После приготовления всех составляющих, в бетономешалку первоначально загружается песок и приготовленная смесь наполнителя с кремнефтористым натрием, а затем щебень; после этого все сухие компоненты перемешиваются в течение 1–2 мин. К перемешанной сухой смеси добавляется предварительно приготовленная смесь жидкого стекла с фуриловым спиртом и добавкой ингибиторов коррозии или с полимерным компаундом, общая смесь перемешивается в течение 2–3 мин.

6.18. Длительность операции по укладке бетонной смеси и ее уплотнению не должна превышать срока ее жизнеспособности (при $t = 10-20^{\circ}\text{C}$ жизнеспособность бетонной смеси 30–40 мин).

Примечание. В случае необходимости увеличения жизнеспособности бетонной смеси на 15–20 мин может быть использовано жидкое стекло с силикатным модулем не более 2,7 или введена добавка кремнийорганических соединений ГСЖ-10 или ГСЖ-11 (см. прил. 2, состав 2).

6.19. Бетонная смесь, приготовленная согласно рекомендациям пп.6.5–6.18 настоящего Руководства, должна быть совершенно однородной и иметь требуемую подвижность: осадка конуса должна составлять не более 6–8 см. Добавление в готовый замес жидкого стекла, воды, полимерной добавки или наполнителей не разрешается.

6.20. Формование бетонной смеси должно осуществляться в стальных формах, отвечающих требованиям ГОСТ 18886-73. Перед укладкой бетонной смеси в форму необходимо проверить правильность установки стальной арматуры и закладных деталей, обеспечив фиксаторами необходимый защитный слой. Стенки формы должны быть чистыми и гладкими и со стороны соприкосновения с бетоном смазаны составами, предохраняющими от сцепления бетона с опалубкой (солидол, легроин, масла и т.п.).

6.21. Уплотнение бетонной смеси производится на вибростеле со стандартными параметрами вибрирования. Допускается также производить уплотнение поверхностными и глубинными вибраторами. Продолжительность вибрирования должна быть не более 40-60 с. Более длительное вибрирование не рекомендуется во избежание расслоения бетонной смеси.

6.22. После укладки и уплотнения смеси поверхность конструкции заглаживается металлическими гладилками под уровень, указанный в проекте.

6.23. Жидкое стекло и уплотняющая добавка, применяемые для приготовления бетона, должны храниться при положительных температурах.

Сушка конструкций и изделий

6.24. После изготовления конструкции выдерживаются в формах при температуре не ниже 15°C и влажности 60-80% в течение 2 сут, после чего распалубиваются и помещаются в сушильную камеру.

6.25. Сушка конструкций производится при температуре 110-120°C в течение 48 ч. При этом предусматривается постоянный отвод пара при помощи вентиляторов или отверстий в крышке камеры.

Подъем температуры должен быть не более 30°C в час при естественном остывании.

Примечание. При толщине конструкции более 20 см время выдержки при температуре 120°C устанавливается по опытным данным.

Контроль прочности, кислотостойкости и водостойкости

6.26. Описание оборудования и приборов, использующихся для контроля технологического процесса, приведено в прил.3.

6.27. В процессе изготовления конструкций лаборатория должна систематически контролировать качество применяемых исходных ма-

териалов и соответствие их требованиям действующих ГОСТ и ТУ, а также прочность, кислотостойкость и водостойкость кислотостойкого бетона.

6.28. Необходимо тщательно контролировать правильность дозировки составных частей бетонной смеси в соответствии с рекомендациями п.6.7 настоящего Руководства путем контрольного взвешивания, подвижность бетонной смеси и качество уплотнения материалов, а также температуру сушки и скорость ее подъема.

6.29. При изготовлении партии конструкций (партией считается объем изделий, одновременно загружаемый в камеру сухого прогрета) необходимо также изготавливать образцы-кубы размером 10х10х10 см в количестве 8-12 шт. Условия твердения кубов должны быть идентичны условиям твердения конструкций.

6.30. Марочная прочность бетона определяется по испытанию образцов-кубов с ребром 10 см на центральное сжатие по ГОСТ 10180-78 с использованием поправочного коэффициента, равного 0,95 разрушающей нагрузки.

6.31. Определение кислотостойкости бетонов производится путем сравнения прочности при сжатии образцов-кубов размером 10х10х10 см ускоренного твердения (при температуре 120°C в течение 48 ч) после 30 сут нахождения в кислой среде, воздействию которой будет подвергаться конструкция в производственных условиях. После этого образцы испытывают по ГОСТ 10180-78 и их прочность сравнивают с исходной прочностью.

Коэффициент кислотостойкости вычисляют по формуле

$$K_{\text{ст}} = \frac{R_2}{R_1}, \quad (5)$$

где R_1 — прочность на сжатие эталонных образцов, хранившихся в воздушно-сухих условиях при температуре 15±5°C и относительной влажности воздуха 60-80%;

R_2 — прочность на сжатие образцов-кубов после пребывания в кислоте.

6.32. Определение водостойкости бетонов производится в случае эксплуатации конструкций в условиях постоянного или длительного контакта с водой или возможности выпадения конденсата путем сравнения определенной по ГОСТ 10180-78 прочности кубов размером 10х10х10 см ускоренного твердения после 30 сут на-

ходнения их в воде с исходной прочностью кубов

$$K_B = \frac{R_3}{R_T}, \quad (6)$$

где R_3 - прочность на сжатие образцов после пребывания в воде;
 R_T - см. формулу (5).

6.33. Из каждой партии несущих конструкций, один элемент должен быть испытан на расчетную и нормативную нагрузки с определением момента трещинообразования и разрушающей нагрузки в соответствии с требованиями проекта.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. Техника безопасности при производстве работ должна соответствовать основным положениям глав СНиП Ш-А, II-70 "Техника безопасности в строительстве" и СНиП П-А.5-70 "Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений".

7.2. К работам с токсичными материалами (фуриловый спирт, кремнефтористый натрий) допускаются лица не моложе 18 лет.

7.3. Рабочие должны работать в комбинезонах, в плотных резиновых перчатках, надетых на хлопчатобумажные. Кисти рук необходимо смазывать пастой.

7.4. При работе с фуриловым спиртом необходимо выполнять мероприятия по технике безопасности как при работе с огнеопасными веществами.

7.5. Цистерны и емкости для хранения жидкого стекла должны быть ограждены и закрыты крышками.

При перекачивании жидкого стекла насосом, переливании черпаком или ведром все работающие должны надевать защитные очки.

7.6. При сушке кремнефтористого натрия и смешивании его с наполнителем нужно соблюдать следующие меры безопасности:

сушить кремнефтористый натрий и кислотостойкий наполнитель в сушильных барабанах;

просеивать и смешивать наполнитель с кремнефтористым натрием механизированным способом в закрытых барабанах;

при просеивании и смешивании наполнителей с кремнефтористым натрием необходимо надевать респираторы и предохранительные очки;

по окончании работ по сушке и смешиванию кремнефтористого натрия с наполнителем обязательно вычистить одежду и тщательно вы-

мыть незащищенные места.

7.7. Запрещается дотрагиваться до лица руками, загрязненными кремнефтористым натрием или фурфуролом спиртом.

7.8. Жидкое стекло в приготовляемую смесь сухих компонентов бетонной смеси следует вливать осторожно, избегая разбрызгивания. При этом нужно обязательно пользоваться защитными очками и рукавицами.

7.9. Мешалки для приготовления смесей должны иметь местный отсос.

7.10. При попадании на руки фурфуролового спирта или кремнефтористого натрия их следует вымыть горячей водой с мылом или подогретым раствором соды, но не растворителем.

7.11. При работе с токсическими веществами обязательно устройство вентиляции в соответствии с проектом производства работ.

7.12. Категорически запрещено присутствие посторонних лиц при производстве работ.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КИСЛОСТОЙКОГО БЕТОНА

Порядок приготовления кислотостойкого бетона и размещения оборудования по технологической линии показан на рисунке.

Транспортирование сырьевых материалов (щебня, песка) к расходным бункерам и от бункеров к смесителю должно проводиться механизированным способом. Возможно использование стандартного оборудования бетонных заводов;

транспортирование микронаполнителя (муки) и отвердителя к расходным бункерам и от бункеров к смесителю должно осуществляться механизированным способом или с использованием пневмотранспорта (возможно использование аэрационных пневможелобов). Во избежание запыления производственных помещений устройства для транспортирования муки и отвердителя должны быть закрыты специальными кожухами;

для помола отвердителя и микронаполнителя необходимо предусмотреть шаровую мельницу;

сушка наполнителей и заполнителей до влажности $I-2\%$ должна осуществляться в сушильных агрегатах барабанного типа серийного производства;

расходные бункера-накопители должны быть рассчитаны на хранение суточного запаса отвердителя, наполнителей и заполнителей;

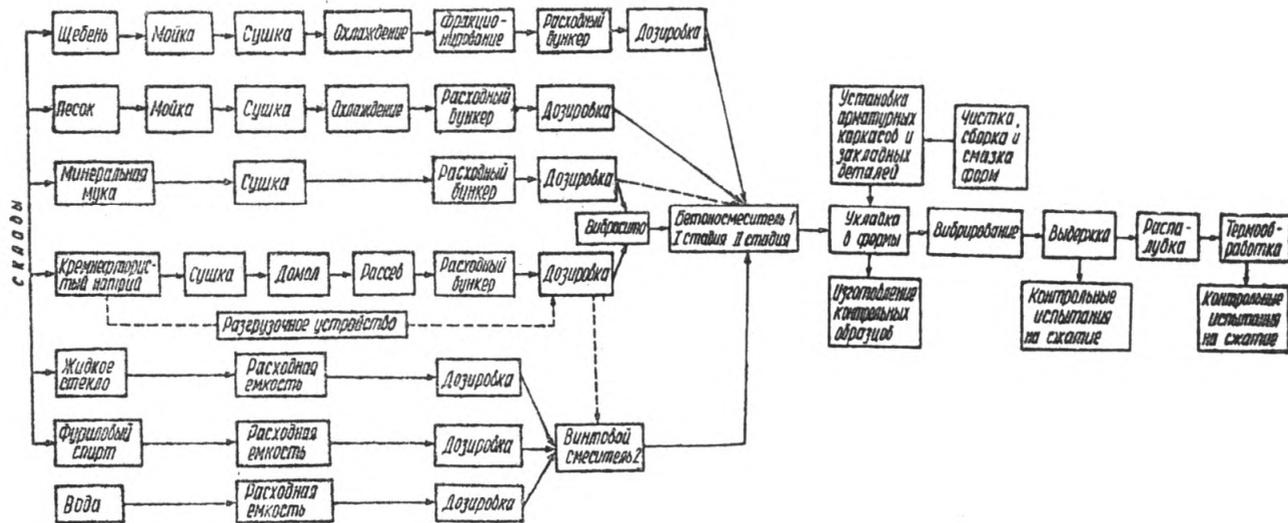
для дозирования жидкого стекла, фурфурового спирта, отвердителя, наполнителей и микронаполнителей используются серийные автоматические весовые дозаторы типа АВДЦ и АВДЖ, обеспечивающие требуемую точность дозирования составляющих;

для приготовления связующего (смеси жидкого стекла с полимерными добавками) должен применяться смеситель с числом оборотов более 1000 об/мин. Емкость его зависит от суточной потребности в связующем и емкости основного смесителя;

для перемешивания микронаполнителя с отвердителем необходимо предусмотреть стандартное вибросито;

в качестве основного смесителя должны использоваться бетономешалки принудительного действия (например, С-773, С-945 и др.). Применение смесителя свободного падения недопустимо;

все процессы, связанные со сборкой и смазкой форм, помещением в термокамеру и выемкой оттуда, а также распаубкой гото-



Технологическая схема производства конструкций из кислотостойкого бетона

вых изделий должны быть по возможности механизированы;

укладка кислотостойкой смеси в формы должна осуществляться с помощью серийных бетоноградатчиков или бетоноукладчиков;

вибрирование изделий должно осуществляться на виброплощадках серийного производства (например, СМ-868, 6691/сГ и др.). Тип виброплощадки выбирается в зависимости от габаритов и массы формируемых изделий;

термокамеры должны обеспечивать сухой прогрев изделий при $110-120^{\circ}\text{C}$. Конструкция термокамер и подача в них теплоносителя должны обеспечивать равномерный прогрев всех поверхностей изделий. Термокамеры должны быть оборудованы автоматическими контрольно-измерительными приборами и вентиляцией для удаления паров влаги.

СОСТАВЫ И СВОЙСТВА КИСЛОТОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

Таблица 5. Усредненные составы кислотостойкого бетона на основе натриевого жидкого стекла

Наименование составляющих	Содержание составляющих (кг/м ³) в бетонах составов					
	1	2	3	4	5	6
Щебень гранитный или кварцевый	970	800	1200	1030	1100	1000
Песок кварцевый	520	600	660	600	550	630
Мука андезитовая	340	400	320	410	500	400
Жидкое стекло натриевое $d = 1,38-1,42$	300	300	260	240	270	250
Кремнефтористый натрий	45	50	37	36	48	36
Фуриловый спирт	10	10	7	-	6	-
Кремнийорганическая жидкость ГЖ-10 или ГЖ-11	-	2	-	-	-	-
Жидкое мыло ОП-7, ОП-10	-	-	-	-	0,6	-
Смола ПН-1	-	-	14	-	-	-
Полиизоцианат	-	-	-	70	-	-
Компаунд: фуриловый спирт 70-90%, смесь ФВВ - 10-30%	-	-	-	-	-	13
Вода	-	-	-	-	10	-

Таблица 6. Ориентировочные свойства кислотостойких бетонов на основе натриевого плавного стекла

Показатели	Состав бетона					
	1	2	3	4	5	6
Объемная масса, кг/м ³	2100-2300	2100-2300	2300-2350	2200-2300	2190	2100-2300
Предел прочности, МПа:						
при сжатии $R_{куб}$:	25-28	28-30	50	45-50	30-35	30-40
при сжатии $R_{призм}$:	20-22	-	40	-	27-29	24-33
при растяжении R_p :	2-2,5	2,5-3	4,5	3,5-4	2,5	2,9-4,1
Модуль упругости, МПа	23·10 ³	25·10 ³	25·10 ³	25·10 ³	(20-25)·10 ³	(18-20)·10 ³
Коэффициент Пуассона	0,21	0,22	0,22	-	-	0,19
Коэффициент температурно-го расширения, °С ⁻¹	8·10 ⁻⁶	8·10 ⁻⁶	9·10 ⁻⁶	-	-	8,1·10 ⁻⁶
Коэффициент стойкости $K_{ст}$:						
в воде	0,6	0,7	0,85	0,9	0,75	0,9
в кислоте	0,9	0,9	0,98	0,99	0,9	1
в кислых солях	0,75	0,8	0,9	0,99	0,8	0,8
в нейтральных солях	0,7	0,75	0,8	0,85	-	0,8
Проницаемость в кислотах, мм/год	5	3,5	3	1,5	-	4

ЛАБОРАТОРНЫЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА,
КАЧЕСТВА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Контрольные измерения	Периодичность контроля	Методы и нормы контроля	Применяемые приборы, устройства, приспособления
1	2	3	4
<u>А. Исходное сырье</u>			
Плотность жидкого стекла	Для каждой партии	Измерение плотности при 20°C; $d = 1,38-1,42$	Денсиметр ГОСТ 1300-57 набор 0,700-1,840
Влажность отвердителя (кремнефтористого натрия)	Каждые сутки	Взвешивание навески материала, не более 1% по массе	Шафр сушильный типа ШС № 3; аналитические весы типа АДВ-200М
Влажность микронаполнителя	То же	То же	То же
Влажность песка	"	Взвешивание навески материала, не более 0,5% по массе	"
Удельная поверхность отвердителя	Каждая партия	Определение сопротивления воздушному потоку, не менее 400 см ² /г	Прибор для определения удельной поверхности порошков ПСМ-2

I	2	3	4
Удельная поверхность микронаполнителя	Каждая партия	Определение сопротивления воздушному потоку, не менее 2500 см ² /г	Прибор для определения удельной поверхности порошков ПСХ-2
<u>Б. Твердение при нормальной температуре</u>			
Контроль прочности образцов кислотостойкого бетона после суточной выдержки при 20°C	Каждое изделие	Испытание на прочность, прочность не ниже указанной в чертежах	Пресс гидравлический 2ПГ-50 или ПСУ-50
<u>В. Тепловая обработка</u>			
Контроль температуры в камерах тепловой обработки	Каждые 30 мин	По показаниям термопар или термометров	Хромель-копелевая термопара с потенциометром ЭПМ-09
<u>Г. Готовая продукция</u>			
Размеры, дефекты поверхности	Для каждого изделия	Метрические измерения	Линейка, штангенциркуль, угольник
Предел прочности при сжатии после термообработки	То же	Испытания на прочность, прочность не ниже указанной в чертежах	Пресс гидравлический ГПГ-50
Кислотопроницаемость	"	Глубина проникания кислоты	Мерная стальная линейка

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Основные положения	4
2. Материалы для конструкций из кислотостойкого бетона, эксплуатирующихся в агрессивных кислых средах	5
3. Расчет элементов конструкций из кислотостойкого бетона по предельным состояниям первой группы.	8
4. Расчет элементов конструкций из кислотостойкого бетона по предельным состояниям второй группы.	10
5. Конструктивные требования.	12
6. Приготовление кислотостойкого бетона	12
7. Техника безопасности	18
Приложение 1. Оборудование для приготовления кислотостойкого бетона	20
Приложение 2. Составы и свойства кислотостойких бетонов	23
Приложение 3. Лабораторный и производственный контроль технологического процесса качества исходного сырья и готовой продукции	25