

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.Патуров, канд. техн. наук Е.А.Гузев, 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  $50^{\circ}\text{C}$ ) в кислых жидких и газообразных средах.

Кислотостойкий бетон<sup>2</sup> - 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  $100^{\circ}\text{C}$  для жидких кислых сред и до  $200^{\circ}\text{C}$  - для газов. Перепад температур по толщине сечения элемента допускается не более  $30^{\circ}\text{C}$ .

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 из 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).

<sup>2</sup> 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, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ 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<sup>ж</sup>.

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  $\delta_K$  сравнивают с данными табл. I и определяют характеристику непроницаемости кислого бетона. При промежуточных значениях  $\delta_K$  рекомендуется меньшее значение кислотонепроницаемости.

---

<sup>ж</sup> Состав бетона с компаундом разработан ВНИИ Минкинпрома СССР (см. прил. 2).

Таблица I

Глубина проникания кислоты $\delta_k$ (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 (призменная 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%, исключаящих систематическое увлажнение, расчетные сопротивления кислотостойкого бетона  $R_{пр}$ ,  $R_{прII}$ ,  $R_p$  и  $R_{рII}$  следует умножить на коэффициент условий работы согласно главе СНиП II-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  $R_{пр}$ ,  $R_{прII}$ ,  $R_p$  и  $R_{рII}$  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  $\beta$ , принимаемый по табл.2.

Таблица 2

Значение коэффициента $\beta$ 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  $\beta$  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)  $\mu$  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<sub>p</sub>-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 КИСЛОТОСТОЙКОГО 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  $\beta$  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.

$\tau$  - 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  $T_{H_2O}$ , ч, после его взаимодействия с кислотой концентрацией более 5% определяют по формуле

$$T_{H_2O} = K \cdot \lg \tau, \quad (4)$$

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

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

$\tau$  - время первоначального действия кислоты на конструкцию, 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<sup>ж</sup> "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  $a_T$ , 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  $\sigma$ , 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  $\psi$ , 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  $\psi$  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  $\theta$  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/см<sup>3</sup>;

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  $см^2/г$ , а для марок М 350 и М 400 - 5000  $см^2/г$ ;

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 парадодecilбензилпиридиновый 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 <sup>3</sup> 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/см<sup>3</sup>.

#### 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 кислотостойкий наполнитель просеивается через сито 015 (1600 отв/см<sup>2</sup>) для получения тонкости помола не ниже 2000 см<sup>2</sup>/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/см<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup>.

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 фурфуроловым 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 фурфуроловым спиртом и перемешивают до однородной смеси. Для приготовления бетона с добавкой полимерного компаунда дозируют фурфуроловый 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 фурфуроловым 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 фурфуроловым 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

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

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 выливать 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 КИСЛОТОСТОЙКОГО 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;

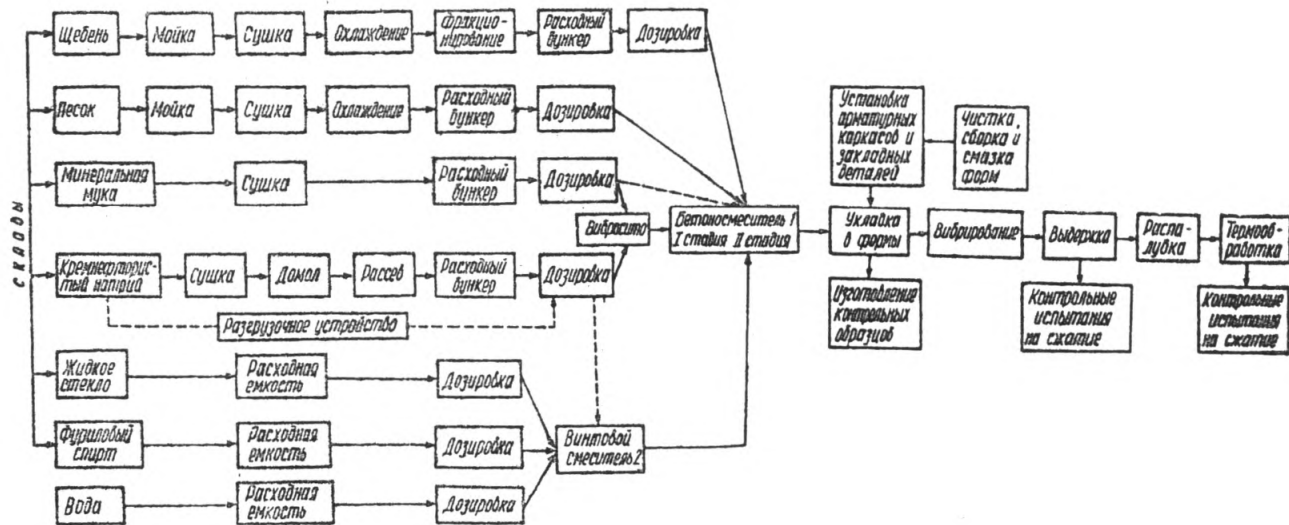
для дозирования жидкого стекла, фурилового спирта, отвердителя, наполнителей и микронаполнителей используются серийные автоматические весовые дозаторы типа АВДЦ и АВДЖ, обеспечивающие требуемую точность дозирования составляющих;

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/сІ и др.). Тип виброплощадки выбирается в зависимости от габаритов и массы формируемых изделий;

термокамеры должны обеспечивать сухой прогрев изделий при 110-120°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 <sup>3</sup> ) 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 натрие- вое $d = 1,38-1,42$	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 <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	25·10 <sup>3</sup>	25·10 <sup>3</sup>	25·10 <sup>3</sup>	(20-25)·10 <sup>3</sup>	(18-20)·10 <sup>3</sup>
Коэффициент Пуассона	0,21	0,22	0,22	-	-	0,19
Коэффициент температурно-го расширения, °С <sup>-1</sup>	8·10 <sup>-6</sup>	8·10 <sup>-6</sup>	9·10 <sup>-6</sup>	-	-	8,1·10 <sup>-6</sup>
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	Шаф с сушильным талом 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 <sup>2</sup> /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 <sup>2</sup> /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