ГОССТРОЙ СССР
ДОНЕЦКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ

# РЕКОМЕНДАЦИИ

## ПО ПРИМЕНЕНИЮ В БЕТОНАХ АЗОТНОКИСЛОГО ЖЕЛЕЗА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ УПЛОТНЯЮЩЕГО ТИПА

Донецк-1974

gost.e-ecolog.ru

ГОССТРОЙ СССР

Главное управление по строительному проектированию
промышленных предприятий и сооружений

СОЮЗМЕТАЛЛУРГСТРОЙНИИПРОЕКТ

Государственный проектный и научно-исследовательский
институт

ДОНЕЦКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ

# Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

## ПО ПРИМЕНЕНИЮ В БЕТОНАХ АЗОТНОКИСЛОГО ЖЕЛЕЗА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ УПЛОТНЯЮЩЕГО ТИПА

Донецк - 1974

Настоящие рекомендации регламентируют применение азотнокислого железа для повышения водонепроницаемости бетона. Эта добавка аналогична хлорному железу, но в отличие от него не вызывает коррозии арматуры.

В рекомендациях приведены требования к материалам, особенности подбора состава бетона и раствора с добавками азотнокислого железа и технологии их приготовления, контроль производства и качества бетона и раствора, сведения по технике безопасности.

Разработаны рекомендации Донецким ПромстройНИИПроектом ( инженеры Ю.П.Чернышев, О.А.Приотромко, А.И.Кобзенко ).

Замечания и предложения по содержанию рекомендаций просим направлять по адресу: 340004, г.Донецк, ул. Университетская, 112, Донецкий ПромстройНИИПроект, лаборатория защиты конструкций от коррозии и физико-химических исследований.

Инструкция подготовлена к печати редакционно-издательским сектором Донецкого ПромстройНИИПроекта.

Редакторы Н.М.Енютина, В.Ф.Демидова.

Ответственный за выпуск С.З.Альтер.

## I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I.I. Азотнокислое железо применяется при изготовлении строительных растворов и бетонов нормального твердения. Его применение позволяет получать бетоны и растворы с маркой по водонепроницаемости до В-16 включительно.

I.2. Азотнокислое железо не вызывает коррозии арматуры в бетоне и поэтому может быть использовано при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций. Оно может эффективно применяться :

при строительстве башенных копров с целью повышения воздухо- и водонепроницаемости ;

при возведении крепи шахтных стволов ;

при строительстве резервуаров, отстойников и других емкостных сооружений ;

при бетонировании перекрытий и устройстве полов ;

при строительстве речных, портовых и гидротехнических сооружений ;

при устройстве гидроизоляционных стяжек под полы жилых, общественных и промышленных зданий ;

в очистных и гидротехнических сооружениях, где предусматривается гидроизоляционный слой из строительного раствора повышенной плотности ;

при нанесении гидроизоляционного слоя методом торкретирования или набрызга ;

во всех других случаях, где требуется повысить плотность и водонепроницаемость бетона или раствора.

I.3. Количество добавки азотнокислого железа к бетонам и строительным растворам назначается в зависимости от требуемой марки по водонепроницаемости и условий эксплуатации конструкций.

I.4. Количество азотнокислого железа должно назначаться для бетона – 4÷5%, для строительного раствора – 2÷3% от веса цемента, но и в том, и в другом случае не более 25 кг на I м3.

I.5. Для конструкций, где по условиям эксплуатации требуется применение бетона на сульфатостойком цементе, рекомендуется использовать азотнокислое железо при следующих ограничениях :

а) в тех случаях, когда вода – среда характеризуется общей минерализацией до 6000 мг/л и содержанием $SO_4$ до 3000 мг/л – не

более 15 кг на 1 м3 бетона ;

б) при общей минерализации воды более 6000 мг/л и содержании $SO_4$ более 3000 мг/л-до проведения специальных исследований.

1.6. Не допускается применение азотнокислого железа при возведении дымовых труб, градирен, а также конструкций, работающих в условиях периодического нагрева выше 70°С с последующим резким охлаждением в воде или воздушно-влажной среде.

## 2. ДЕЙСТВИЕ ДОБАВКИ

2.1. Азотнокислое железо при введении в бетон вступает в химические реакции с продуктами гидратации цемента. При этом образуются соли гидроокислов железа, которые кольматируют поры в бетоне, и азотнокислый кальций. В дальнейшем возможно образование гидро - ферритов и гидронитроалюминатов кальция.

2.2. Эффект уплотнения зависит от исходной марки бетона по водонепроницаемости и количества введенной добавки. При оптимальном количестве добавки можно готовить особо плотные бетоны на основе бетонов пониженной марки по водонепроницаемости.

2.3. Образование солей гидроокислов железа способствует связыванию дополнительного количества воды, неучтенного при обычном подборе состава бетона. Водопотребность бетонной смеси при введении добавки азотнокислого железа возрастает на 10-20%.

2.4. Азотнокислый кальций, образовавшийся в результате химических реакций между азотнокислым железом и продуктами гидратации цемента, не вызывает коррозии арматуры в бетоне и не понижает защитных свойств бетона по отношению к стальной арматуре.

## 3. ТРЕБОВАНИЯ К ДОБАВКЕ

3.1. Азотнокислое железо выпускается промышленностью трех квалификаций : чистое, химически чистое и ч.д.а.

Технические требования в соответствии с ГОСТ 4111-65 приведены в табл.1.

Таблица I

| Наименование показателей ( для азотнокислого железа различных квалификаций ) | Нормы в % | | |
|---|---|---|---|
| | х.ч. | ч.д.а. | чистое |
| Содержание $Fe$ , не менее | I3,6 | I3,6 | I3,6 |
| Нерастворимые в воде, не более | 0,005 | 0,005 | 0,0I |
| Хлориды ( $Cl^-$ ) , не более | 0,0I | 0,0I | 0,02 |
| Сульфаты ( $SO_4^{--}$ ) , не более | 0,0I | 0,0I | 0,02 |
| Фосфаты ( $PO_4^{---}$ ) , не более | 0,005 | - | - |
| Марганец ( $Mn$ ) , не более | 0,005 | 0,005 | - |
| Медь ( $Cu$ ) , не более | 0,00I | 0,00I | 0,003 |
| Цинк ( $Zn$ ) , не более | 0,00I | 0,00I | 0,003 |
| Щелочные и щелочно-земельные металлы в виде сульфатов | 0,05 | 0,05 | 0,I |

3.2. Выпускаемое промышленностью азотнокислое железо упаковывается в полиэтиленовые мешки или деревянные бочки и хранится в закрытых сухих помещениях.

3.3. Азотнокислое железо представляет собой прозрачные кристаллогидраты светло-фиолетового цвета с содержанием до 9 молекул воды. Его растворимость в I00 г воды составляет : при $t$ = 20°С - 83,03 г, $t$ = 60°С - I66,6 г.

3.4. Для применения в бетонах и растворах рекомендуется азотнокислое железо любой из указанных в табл.I квалификаций, а также техническое азотнокислое железо ( кристаллическое и в виде раствора, представляющего собой промежуточный продукт производства ). Исходя из экономической целесообразности, предпочтительно применять азотнокислое железо чистое и техническое.

## 4. ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА С ДОБАВКОЙ АЗОТНОКИСЛОГО ЖЕЛЕЗА

4.I. Подбор и расчет состава бетона начинается с установления исходной марки бетона по водонепроницаемости без добавки. Марка такого бетона устанавливается в соответствии с требованиями

табл.2.

Таблица 2

| Водонепроницаемость бетона, кгс/см2 | | | |
|---|---|---|---|
| в возрасте 28 суток | | в возрасте I80 суток | |
| без добавки | с добавкой $Fe(NO_3)_3$ в количестве 4-5% от веса цемента | без добавки | с добавкой $Fe(NO_3)_3$ в количестве 4-5% от веса цемента |
| - | 2 | - | 3 |
| I | 4 | 2 | 6 |
| I,5 | 5 | 4 | 8 |
| 2 | 6 | 6 | I0 |
| 4 | I0 | 8 | I6 |

4.2. Исходными данными для подбора и расчета состава бетона по водонепроницаемости ( без добавки ) являются:

марка бетона по прочности и водонепроницаемости ;

вид цемента и его марка ;

требования к заполнителям и воде затворения ;

требуемая степень подвижности или удобоукладываемости бетонной смеси.

4.3. Бетон без добавки исходной марки по водонепроницаемости рассчитывается по методу абсолютных объемов.

4.4. Необходимая величина водоцементного отношения для бетона без добавки рассчитывается по формуле

$$B_в = \frac{\alpha A R_ц}{100}\left(\frac{Ц}{В} - Б\right)\left(\frac{Ц}{В} + Б\right) - \frac{к}{\alpha - \alpha_{min}} \qquad (I)$$

при $0,4 < \frac{В}{Ц} < 0,6$ и $I,7 \leq \alpha \leq 2,2$ ,

где $B_в$ - водонепроницаемость бетона в возрасте I80 суток, кгс/см2 ;

$\frac{Ц}{В}$ - цементно-водное отношение в бетоне по весу ;

$Б$ - эмпирический коэффициент, зависящий от вида и качества заполнителей. При расчете плотного бетона этот коэффициент с достаточной точностью может быть принят равным 0,5 ;

$R_ц$ - активность цемента, определяемая по ГОСТ 3I0-60, в возрасте 28 суток, кгс/см2 ;

$A$ – коэффициент, зависящий от качества материалов. При расчете он принимается равным: для высококачественных материалов – 0,65 ; рядовых – 0,6 ; низкого качества – 0,55 ;

$K$ – эмпирический коэффициент, зависящий от крупности заполнителей. При расчете принимается равным 3,5 ;

$\alpha$ – коэффициент раздвижки зерен щебня ( гравия ) раствором ;

$\alpha_{min}$ коэффициент раздвижки зерен, при котором достигается минимальная водонепроницаемость бетона. В расчетах принимается равным I,0 ;

$a$ – коэффициент, учитывающий снижение прочности бетона за счет увеличения коэффициента $\alpha$ .

4.5. При выборе числовых значений для $\alpha$ необходимо учитывать, что при $\alpha$ = I,7 + I,9 прочность бетона снижается на 5-I0%, водонепроницаемость повышается до 2-4 кго/см2 , при $\alpha$ = 2,0 + 2,2 прочность снижается на I5-25%, а водонепроницаемость повышается до 5-8 кгс/см2. Поэтому коэффициент $\alpha$ необходимо выбирать так, чтобы наиболее экономично обеспечить заданные свойства бетона.

4.6. Прочность бетона рассчитывается по формуле Боломея-Скрамтаева с учетом снижения прочности бетона за счет увеличения коэффициента $\alpha$

$$R_б = aAR_ц\left(\frac{Ц}{В} - 0,5\right) \qquad (2)$$

для значений $\frac{В}{Ц} \geqslant 0,4$ ,

где $R_б$ – предел прочности бетона в возрасте 28 суток, кго/см2 .

4.7.Расход воды для бетона без добавки рассчитывается по формуле

$$В = 2,6 В_{ак} + В_к \quad \text{при} \quad I \leqslant В_{ак} \leqslant I0 , \qquad (3)$$

где $В$ – расход воды на I м3 бетона, л ;

$В_{ак}$ – коэффициент водопотребности, зависящий от пластичности бетонной смеси, численно равный осадке конуса, см ;

$В_к$ – коэффициент водопотребности, зависящий от наибольшей крупности щебня. Значения данного коэффициента для различной крупности щебня экспериментально установлены :

$В_{I0}$ = 209 ; $В_{25}$ = I72 ; $В_{60}$ = I52 ;
$В_{20}$ = I77 ; $В_{40}$ = I62 ; $В_{80}$ = I47 .

При применении мелкого песка с водопотребностью выше 7 % на каждый процент увеличения водопотребности песка расход воды увеличивается против расчетного на 5 л.

4.8. Расход цемента равен расходу воды (3), умноженному на цементно-водное отношение.

4.9. Раоход песка на I м3 бетона определяется по формуле

$$П = 0,13\,\gamma_п\left(1000 - \frac{Ц}{\gamma_ц} - В\right)\left(\frac{В}{Ц} + A_к + \frac{M_к}{2}\right) \qquad (4)$$

при $M_к \geqslant 1,2$,

где $П, Ц, В$ – расход песка, цемента и воды на I м3 бетона, кг ;

$\gamma_п, \gamma_ц$ – удельный вес песка и цемента ;

$M_к$ – модуль крупности песка ;

$A_к$ – коэффициент, зависящий от наибольшей крупности щебня. Значения данного коэффициента для различной крупности щебня экспериментально установлены: $A_{10} = 2,35$ ; $A_{20} = 1,6$; $A_{40} = 1,25$; $A_{60} = 1,77$ ; $A_{40} = 1,35$; $A_{80} = 1,15$.

4.10. Расход щебня на I м3 бетона в кг определяется по формуле

$$Щ = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\gamma_ц} + \frac{П}{\gamma_п} + В\right)\right]\gamma_щ , \qquad (5)$$

где $Щ$ – расход щебня на I м3 бетона, кг ;

$\gamma_щ$ – удельный вес щебня.

4.11. Коэффициент раздвижки зерен щебня $\alpha$ рассчитывается по формуле

$$\alpha = \frac{\gamma'_щ\left(\frac{Ц}{\gamma_ц} + В + \frac{П}{\gamma_п}\right)}{V_п Щ} , \qquad (6)$$

где $V_п$ – пустотность щебня , % ;

$\gamma'_щ$ – объемный насыпной вес щебня , кг/м3 .

4.12. По расчетному значению коэффициента раздвижки зерен определяется прочность и водонепроницаемость бетона по формулам (I) и (2). Если полученное значение коэффициента больше или меньше, чем указано в п.4.5 , то оно корректируется изменением содержания воды и цемента с сохранением водоцементного отношения, полученного в расчете.

4.I3. После расчета исходного состава бетона производится его корректировка с учетом применения добавки азотнокислого железа следующим образом :

I. Расход добавки $m$ в кг безводной соли на I м3 бетона определяется по формуле

$$m = \frac{Ц \cdot C}{100}, \qquad (7)$$

где $Ц$ – расход цемента на I м3 бетона, кг ;

$C$ – расход добавки азотнокислого железа в % от веса цемента ;

$m$ – расход добавки на I м3 бетона, кг .

2. Расход воды ( $B_1$ ) определяется по формуле

$$B_1 = B + 1{,}772\, m. \qquad (8)$$

3. Коэффициент раздвижки зерен щебня раствором в бетоне с добавкой азотнокислого железа рассчитывается по формуле

$$\alpha_1 = \frac{\gamma_м' \left( \frac{Ц}{\gamma_ц} + B + \frac{П}{\gamma_п} + \frac{m}{\gamma_д} \right)}{V_п \cdot Ш}, \quad \alpha_1 > \alpha, \qquad (9)$$

где $\alpha_1$ – коэффициент раздвижки зерен щебня раствором в бетоне с добавкой азотнокислого железа ;

$m$ – количество добавки на I м3 бетона, кг;

$\gamma_д$ – удельный вес добавки, кг/л.

Примечание. При $\alpha_1 > \alpha$ прочность бетона равна рассчитанной для $\alpha$ .

4.I4. Определив количество материалов на I м3 бетона, необходимо рассчитать , сколько их нужно на пробный замес. Расчет ведется по формулам :

цемент $\frac{Ц \cdot з}{1000}$ ; песок $\frac{П \cdot з}{1000}$ ;

щебень $\frac{Ш \cdot з}{1000}$ ; вода $\frac{B \cdot з}{1000}$ ; добавка $\frac{m \cdot з}{1000}$ ,

где $з$ – объем пробного замеса бетона, л .

4.I5. По пробному замесу определяется подвижность бетонной смеси. Путем корректирования расхода воды и цемента получают заданную подвижность. Затем определяется объемный вес бетона и производится пересчет расхода материалов на I м3 бетона по формулам :

расход цемента $\frac{Ц \cdot \gamma_в}{Ц + В + П + Щ + m}$ ;

расход песка $\frac{П \gamma_в}{Ц + В + П + Щ + m} \left(1 + \frac{\alpha_п}{100}\right)$ ;

расход щебня $\frac{Щ \gamma_в}{Ц + В + П + Щ + m} \left(1 + \frac{\alpha_щ}{100}\right)$ ;

расход добавки $\frac{m \gamma_в}{Ц + В + П + Щ + m}$ ,

где $\gamma_в$ – объемный вес свежеуложенного бетона, кг/м3 ;

$\alpha_п$ и $\alpha_щ$ – влажность песка и щебня, % .

4.16. Контрольные образцы бетона готовятся для испытания на прочность и водонепроницаемость, а затем по результатам этих испытаний корректируется первоначально установленный состав бетона.

4.17. Подбор состава строительного раствора с добавкой азотнокислого железа осуществляется следующим образом :

а) подбирается состав обычного строительного раствора ( без добавки ) требуемой подвижности и марки по прочности любым общепринятым способом ;

б) рассчитывается необходимое количество воды ( $В_1$ ) для бетона с добавкой азотнокислого железа по формулам ( 7, 8 );

в) приготавливаются контрольные замесы с целью определения окончательного состава строительного раствора.

Примечание. Пример расчета и подбор состава бетона приведен в приложении I.

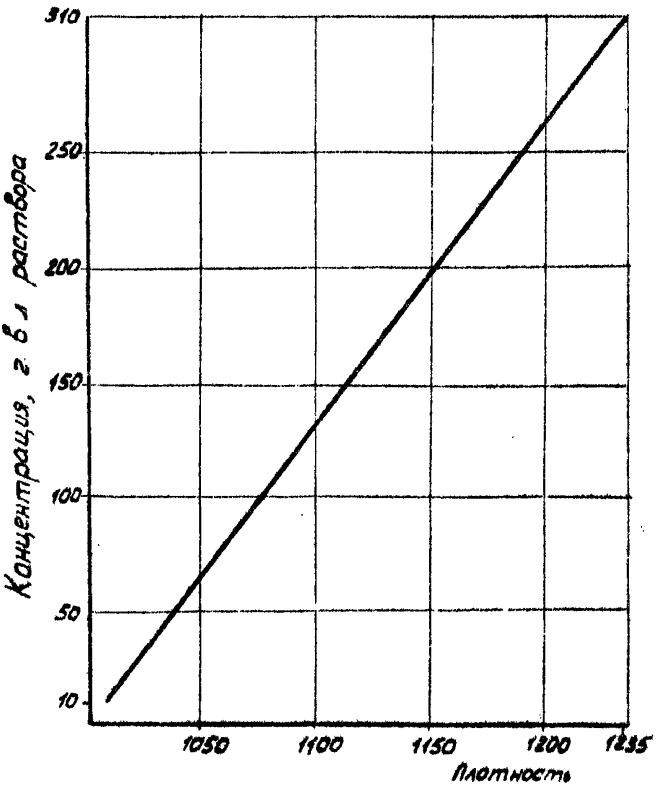
## 5. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ И СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

5.1. Добавка азотнокислого железа вводится в бетонную смесь вместе с водой затворения в процессе перемешивания составляющих .

5.2. Добавка вводится в виде раствора азотнокислого железа в воде. Для работы необходимо готовить раствор повышенной концентрации. Такой раствор требует меньшей емкости для приготовления и хранения.

5.3. Азотнокислое железо следует растворять в емкости, снабженной устройством для механического перемешивания.

5.4. После полного растворения азотнокислого железа ареометром определяется плотность раствора при температуре $18^{0}$С, а затем по графику ( рисунок ) или по таблице ( приложение 2 ) устанавливается его концентрация. При введении в бетонную смесь температура раствора должна быть не ниже $15^{0}$С и не выше $40^{0}$С.




Зависимость плотности раствора азотнокислого железа от концентрации

5.5. Раствор азотнокислого железа и необходимое количество воды вводятся в бетономешалку из разных дозировочных устройств одновременно или первой дозируется вода, а затем - раствор азотнокислого железа.

5.6. Необходимое количество водного раствора азотнокислого железа повышенной концентрации и дополнительное количество воды рассчитываются в зависимости от исходной плотности раствора и водопотребности бетонной смеси ( пример расчета дан в приложении 3 ).

5.7. Приготовление бетонной смеси может производиться как на стационарных, так и на передвижных смесительных установках. Технология приготовления бетонной смеси ( строительного раствора ) отличается от обычной только необходимостью растворения, дозирования и введения добавки азотнокислого железа.

5.8. Продолжительность транспортировки должна назначаться с таким расчетом, чтобы бетонная смесь с добавкой была уложена в конструкцию до начала потери подвижности.

## 6. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

6.1. Контроль производства бетона и строительного раствора осуществляется в соответствии с действующими ТУ строительными лабораториями.

6.2. Плотность раствора азотнокислого железа и соответствие его концентрации с установленной для расчета проверяется после каждого растворения, но не реже одного раза в смену.

6.3. Во время приготовления бетонной смеси и строительного раствора с добавкой важно точно дозировать материалы в каждом замесе. Изменение содержания материалов и особенно добавки по сравнению с заданным расходом может снизить водонепроницаемость бетона и повлиять на его удобоукладываемость.

6.4. Следует систематически проверять соответствие необходимой подвижности бетона к моменту укладки и бетонирования. При выдаче состава бетона на завод лаборатория должна указать время от начала изготовления смеси до момента его укладки.

6.5. Контроль прочности бетона производится в соответствии с техническими требованиями ГОСТ 10180-67 "Бетон тяжелый. Методы определения прочности", а строительного раствора в соответствии с ГОСТ 5802-66 "Растворы строительные. Методы испытаний".

6.6. Испытание бетона на водонепроницаемость производится в соответствии с требованиями ГОСТ 4800-59 "Бетон гидротехнический.

Методы испытаний бетона" и ГОСТ 4795-59 "Бетон гидротехнический . Общие требования".

6.7. Строительные растворы испытываются на водонепроницаемость в соответствии с "Рекомендациями по испытаниям бетонов и растворов для тонкостенных конструкций на водонепроницаемость" (Москва, 1969 ).

## 7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

7.1. При затворении строительного раствора или бетона раствором азотнокислого железа происходит выделение аммиака, которое заканчивается к моменту разгрузки смесителя.

7.2. При изготовлении бетона или строительного раствора с азотнокислым железом в помещении, где расположено смесительное оборудование, необходимо предусматривать искусственную или естественную вентиляцию.

7.3. Рабочие, занятые приготовлением раствора азотнокислого железа, должны быть снабжены специальной одеждой и защитными очками, предохраняющими от попадания брызг этого раствора на кожу и в глаза.

7.4. При работах, связанных с приготовлением раствора азотнокислого железа и бетонных смесей, затворяемых этим раствором, рабочие должны быть обучены правилам техники безопасности.

7.5. Пролитый на пол раствор азотнокислого железа нейтрализуется известковым молоком, затем это место посыпается песком и очищается лопатой.

7.6. Все остальные требования по технике безопасности такие же, как при изготовлении обычного бетона и строительного раствора.

Приложение I

## П Р И М Е Р
### расчета и подбора состава бетона

ЗАДАНИЕ : Подобрать состав бетона с маркой по прочности 300, В = 8.

Подвижность бетонной смеси по осадке стандартного конуса равна I см.

Характеристика материалов

Портландцемент:

| | |
|---|---|
| активность, кгс/см2 . . . . . | 400 |
| удельный вес, кг/л . . . . . | 3,I |

Песок:

| | |
|---|---|
| модуль крупности . . . . . | I,26 |
| удельный вес, кг/л . . . . . | 2,65 |
| водопотребность, % . . . . . | 7,0 |
| влажность, % . . . . . | 0,I |

Щебень :

| | |
|---|---|
| наибольшая крупность зерен, мм . | 20 |
| удельный вес, кг/л . . . . . | 2,60 |
| водопоглощение, % . . . . . | I,0 |
| объемный насыпной вес, кг/л . . . | I,474 |
| пустотность . . . . . | 0,37 |

По табл.2 находим, что бетон с В = 8 можно подобрать на основе исходного с В = 4 и с добавкой 4% азотнокислого железа. По пункту 4.9 коэффициент раздвижки зерен - I,9, снижение прочности бетона - I0%. Тогда по формуле ( I) имеем

$$\frac{Ц}{В} = \sqrt{\frac{\left(B_в + \frac{K}{\alpha - \alpha_{min}}\right)\cdot 100}{\alpha \cdot A \cdot R_ц}} + 0,25 = \frac{\left(4 + \frac{3,5}{1,9-1}\right)\cdot 100}{0,9\cdot 0,6\cdot 400} + 0,25 =$$

$$= \sqrt{3,902} \cong I,98.$$

Рассчитываем прочность бетона в возрасте 28 суток

$$R_в = \alpha \cdot A \cdot R_ц \left(\frac{Ц}{В} - 0,5\right) = 0,9\cdot 0,6\cdot 400(I,98-0,5) = 320 \text{ кгс/см2}.$$

Рассчитываем необходимое количество воды на I м3 бетона

$$В = 2,6 В_{ак} + В_к = 2,6 \cdot I + I77 = I80 \text{ л.}$$

Рассчитываем необходимое количество цемента на I м3 бетона

$$Ц = \frac{Ц}{В} \cdot В = I,98 \cdot I80 = 356 \text{ кг.}$$

Рассчитываем необходимое количество песка на I м3 бетона

$$П = 0,I3 \gamma_п \left(I000 - \frac{Ц}{\gamma_ц} - В\right)\left(\frac{В}{Ц} + А_к + \frac{М_к}{2}\right) =$$

$$0,I3 \cdot 2,65 \cdot (I000 - \frac{356}{3,I} - I80) \cdot (0,505 + I,7 + \frac{I,26}{2}) =$$

$$0,I3 \cdot 2,65 \cdot 705,I6 \cdot 2,835 = 690 \text{ кг.}$$

Рассчитываем необходимое количество щебня на I м3 бетона

$$Щ = \gamma_щ \left(I000 - \frac{Ц}{\gamma_ц} - В - \frac{П}{\gamma_п}\right) =$$

$$2,6 \cdot (I000 - \frac{356}{3,I} - I80 - \frac{690}{2,65}) = 2,6 \cdot 444,78 =$$

$$II56,43 = II60 \text{ кг.}$$

Рассчитываем коэффициент раздвижки зерен щебня раствором

$$\alpha = \frac{\gamma_н' \left(\frac{Ц}{\gamma_ц} + В + \frac{П}{\gamma_п}\right)}{V_п \cdot Щ} = \frac{I,474 \left(\frac{356}{3,I} + I80 + \frac{690}{2,65}\right)}{0,37 \cdot II60} =$$

$$\frac{555}{29I} = I,9I.$$

Так как расчетное значение коэффициента раздвижки зерен щебня практически равно принятому, расходы материалов не корректируются.

Таким образом, состав бетона в кг на I м3 без добавки будет следующий:

Ц – 356 ; П – 690 ; Щ – II60 ; В – I80.

Рассчитываем расход добавки на I м3 бетона

$$т = \frac{Ц \cdot С}{I00} = \frac{356 \cdot 4}{I00} = I4 \text{ кг.}$$

Рассчитываем расход воды на I м3 бетона с добавкой

$$В_I = В + I,772 = I80 + I,772 \cdot I40 = 204,6 \text{ л} = 205 \text{ л.}$$

Рассчитываем коэффициент раздвижки зерен щебня раствором

$$\alpha_1 = \frac{\frac{Ц}{\rho_ц} + В + \frac{П}{\rho_п} + \frac{m_д}{\rho_д}}{V_п \frac{Щ}{\rho_щ}} = \frac{\frac{356}{3,1} + 205 + \frac{690}{2,65} + \frac{13,9}{1,8}}{0,37 \cdot \frac{1160}{1,474}} =$$

$$\frac{588,8}{291} = 2,02 > 1,9 .$$

Расход материалов в кг на I м3 бетона с добавкой азотнокислого железа в количестве 4% от веса цемента следующий :

Ц - 356 ; П - 690 ; Щ - 1160 ; В - 205 ; добавка - 14,0 .

Определив количество материалов на I м3 бетона, необходимо рассчитать , сколько их нужно на пробный замес. Затем готовится пробный замес, корректируется состав бетона и изготавливаются контрольные образцы , по результатам испытаний которых устанавливается окончательный состав бетона.

Приложение 2

## Т А Б Л И Ц А

растворимости азотнокислого железа при температуре I8°С

| % | d | г/л |
|---|---|---|
| I | I006,5 | I0,065 |
| 2 | I0I4,4 | 20,288 |
| 3 | I030,4 | 4I,2I6 |
| 6 | I046,8 | 62,808 |
| 8 | I063,6 | 85,088 |
| I0 | I08I,0 | I08,I0 |
| I2 | I098,9 | I3I,868 |
| I4 | III7,2 | I56,408 |
| I6 | II35,9 | I8I,744 |
| I8 | II55,I | 207,9I8 |
| 20 | II74,8 | 234,96 |
| 25 | I228,I | 307,025 |

gost.e-ecolog.ru