ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ И ИЗДЕЛИЯХ

Методика выполнения измерений при натурных испытаниях методом вырыва анкера

МИ 2016-03

Москва
2003

gost.e-ecolog.ru

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

РЕКОМЕНДАЦИЯ РАЗРАБОТАНА:

Государственным научным метрологическим центром ГП "ВНИИФТРИ"
Отдел метрологии в строительстве.

Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона
(НИИЖБ)
Лаборатория железобетонных конструкций и контроля качества.

ИСПОЛНИТЕЛИ: Марков А.И., Павлов Л.С.
Клевцов В.А., Коревицкая М.Г., Матвеев Ю.К.

ВВОДИТСЯ: взамен МИ 2016-89 с "I" I2 2003 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения 1
2 Норма погрешности 2
3 Основы метода испытаний 2
4 Требования к средствам испытаний 9
5 Указания по технике беопасности 10
6 Планирование испытаний 11
7 Подготовка к испытаниям 12
8 Проведение испытаний 13
9 Обработка результатов испытаний 14

Приложение А. Построение и корректировка рабочих градуировочных зависимостей для средств неразрушающего контроля в натурных условиях 17
Приложение Б. Рекомендации по оттаиванию и изотермическому прогреву замерзшего бетона 20
Приложение В. Рекомендации по оценке прочности замерзшего бетона без проведения его предварительного оттаивания 22
Приложение Г. Протокол выполнения натурных испытаний бетона методом вырыва 24
Приложение Д. Статистические таблицы 27
Приложение Е. Термины и определения 29

РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ И ИЗДЕЛИЯХ

Методика выполнения измерений при натурных испытаниях методом вырыва анкера

МИ 2016-03

Дата введения 1.12.03 г.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая рекомендация устанавливает методику выполнения измерений (МВИ) при определении прочности бетона методом вырыва анкера (далее - методом вырыва) в изделиях и конструкциях при их натурных испытаниях.

Рекомендации распространяются на конструкционные цементные бетоны в бетонных и железобетонных конструкциях и изделиях.

Натурными испытаниями бетона в конструкциях и изделиях с применением метода вырыва решаются следующие задачи:

- определение фактической прочности бетона в конструкциях или изделиях вцелом, или на отдельных их участках - в однородных зонах;
- оценка нижнего предела прочности бетона в конструкциях или партии изделий $\check{R}$, обеспеченной с надежностью $Q_н$=0,95;
- оценка фактической обеспеченности нормативной $R_н$ или требуемой $R_т$ прочности бетона в конструкции или партии изделий;
- установление систематических закономерностей изменения прочности бетона во времени (при твердении) и в пространстве, например, по высоте или толщине конструкции;
- построение и корректировка рабочих градуировочных зависимостей для других средств косвенных измерений, применяемых при неразрушающих испытаниях .

Натурные испытания бетона в конструкциях с применением метода вырыва выполняют в случаях:

- отмеченных отклонений от заданных технологических режимов бетонных работ или изготовления изделий, возникших сомнений в кондиционности уложенного бетона; отрицательных результатов испытаний контрольных образцов или результатов натурных испытаний с применением других неразрушающих методов;
- выполнения бетонных работ в неблагоприятных для бетона условиях (например, при отрицательной температуре, в сухом и жарком климате);
- освидетельствования состояния бетона при проведении обследований, после экстремальных неучтенных при проектировании внешних воздействий, изменения условий работы, перераспределения и изменения нагрузок, выявленных признаков деструкции бетона.
- возведение из монолитного железобетона зданий и сооружений I уровня ответственности.

Рекомендации разработаны в развитие п.4.10 ГОСТ 22690, в части метода отрыва со скалыванием, в расширенном диапазоне прочности.

2 НОРМЫ ПОГРЕШНОСТИ

2.1 Погрешность результата определения прочности бетона методом вырыва складывается из приведенной погрешности измерения усилия вырыва $\Delta_и$ и погрешности применяемой переводной зависимости $\Delta_г$. В случае проскальзывания анкера добавляется погрешность определения поправочного коэффициента $\Delta_м$. Если все погрешности оценивать СКО, то СКО относительной погрешности результата измерения можно представить как

$$\sigma_e = [\sigma_и^2 + \sigma_г^2 + \sigma_м^2]^{1/2},$$

где $\sigma_и = 0{,}9\Delta_и$, $\Delta_и$ - предел погрешности измерения усилия вырыва

$\sigma_г$ - берут из табл.2,

$\sigma_м = 1{,}2\Delta_м$, $\Delta_м$ - предел погрешности измерения проскальзывания анкера.

2.2 Критерием применимости метода для количественного определения прочности бетона в конструкции с учетом неоднородности самого бетона, оцениваемого максимальной крупностью заполнителя и распределения его прочности по объему конструкции, оцениваемой коэффициентом вариации прочности V, является выполнение двух требований:

- СКО погрешности метода испытаний σ_e не должно превышать половины нормативного $V_н$ или фактического $V_ф$ коэффициента вариации прочности;

- напрягаемое, при нагружении анкера, сечение бетона должно охватывать не менее десяти крупных заполнителей с максимальным размером $d_з$.

2.3 Оба требования выполняются соответствующим выбором глубины захвата бетона $h_н$ согласно пп. 3.5 и 4.1 и выбором средств измерений, удовлетворяющих требованиям пп. 4.4 и 4.5

Например, при $V_н = 13{,}5\,\%$ СКО суммарной погрешности единичного определения прочности бетона σ_e не должно превышать 7 %.

При максимальной крупности заполнителя $d_з \le 30$ мм и глубине захвата анкера типа II-35 $h_н = 35$ мм, $\sigma_г \le 4{,}5\,\%$; если применяемое средство измерений имеет предельную погрешность $\delta_и = 3\,\%$, а проскальзывание анкера измеряется с предельной погрешностью $\delta_м = 2\,\%$, то

$$\sigma_e = [4{,}5^2 + (0{,}9 \cdot 3)^2 + (1{,}2 \cdot 2)^2]^{1/2} < 5{,}5\,\%$$

3 ОСНОВЫ МЕТОДА ИСПЫТАНИЙ

3.1 Метод вырыва основан на существовании расчетной зависимости между сопротивлением бетона одноосному сжатию R_c и усилием P_o вырыва анкера из бетона.

3.2 Метод вырыва позволяет определять прочность бетона при сжатии в образце-кубе $R_{ск}$ без разрушения или с локальным разрушением малого объема.

3.3 Метод вырыва реализуется нагружением бетона равномерно возрастающим вырывным усилием закрепленного в бетоне на заданной глубине $h_н$ анкера определенной формы до отрыва фрагмента бетона или до заданной контрольной нагрузки $P_к$. Кубиковую прочность бетона при сжатии $R_к$ находят по зафиксированному усилию вырыва P_o с помощью переводной зависимости, которая, если размерность $R_к$ и P_o выражена соответственно в МПа и кН, имеет общий вид:

$$R_к = \left(\frac{5P_o}{\chi S_p}\right)^{3/2} + \frac{10\, P_o \sin\beta \cos(60-\beta)}{S_c} \qquad (1)$$

где S_p и S_c - площади поверхностей по которым действуют максимальные напряжения, соответственно, растяжения и сжатия,

β - угол расклинивания бетона, °, $\beta = \operatorname{arctg}\frac{d_н - d_c}{2h_к}$, °

χ - показатель уровня хрупкости бетона (табл.1), МПа$^{1/3}$

$\chi = R_p / R_к^{2/3}$, где R_p - предел прочности на растяжение.

$$S_p = 3{,}6\, h_н (0{,}58\, h_н + \mathcal{D}), \text{ см}^2 \qquad (2)$$

где $\mathcal{D}$ - диаметр дуги захвата бетона, см:

$\mathcal{D} = d_н$ - для анкеров типа I,

$\mathcal{D} = (d_н + \Delta p)(1 + 0{,}002\, P_o)$ - для анкеров типа II и Ш.

Для анкеров типа I

$$S_c = 3{,}14\, \ell \cos(60-\beta)\,[1{,}15(h_н - h_к) + d_н - 1{,}44 \cos(60-\beta)], \text{ см}^2 \qquad (3)$$

где ℓ - ширина дуги захвата бетона, см,

$\ell = (d_н - d_c) / 2\sin\beta$, см

Для анкеров типов II и III

$$S_c = 3{,}14\,\ell\,(1{,}15h_н + \mathcal{D} - 1{,}44), \text{ см}^2 \qquad (4)$$

$$\ell = \frac{0{,}36\,(2d_н + \Delta p)}{d_н(d_н + \Delta p)}(1 + 0{,}002P_o), \text{ см}$$

Величины $h_н$, $h_к$, $d_н$, d_c, β и Δ являются геометрическими характеристиками анкера, значения которых находят из размеров и формы применяемых анкеров (рис.1 и табл.2).

Значения χ или $\chi' = \chi^{3/2}$ зависят от вида заполнителя и при естественном твердении бетона, их значения равны:

Таблица 1

Вид заполнителя	χ	χ'
Гранитный	0,24	0,117
Известняковый	0,26	0,133
Гравийный и мелкозернистый	0,22	0,100

3.4 Для испытаний бетона методом вырыва применяют замоноличиваемые - типа I или закладные самораскли нивающиеся типов II и III анкеры.

Рекомендуемые конструкции, формы и размеры анкеров типов I, II, III приведены на рис.1.

Глубину захвата бетона $h_н$ выбирают из ряда: 48, 35, 30, 25 мм.

Схема испытаний и параметры шпуров для закладки анкеров типа II и III приведены на рис 2.

3.5 В таблице 2 приведены значения рассчетных геометрических параметров анкеров типов I, II и III и соответствующие им значения СКО переводных зависимостей $\sigma_г$ при максимальной крупности заполнителя $d_з$ не более 30 мм.

Таблица 2

Типоразмер анкера	$h_н$, мм	β, °	$d_н$, мм	d_c, мм	$h_к$, мм	Δр, мм	$\sigma_г$, %
I - 48	48	22,0	14	10	05	-	3,0
II - 48	48	17,0	24	10	25	03	4,0
I - 35	35	26,6	16	10	06	-	4,0
II - 35	35	17,0	16	10	10	02	4,5
III - 35	35	11,0	28	20	20	03	4,5
II - 30	30	17,0	16	10	10	02	5,0
II - 30*	30	17,0	24	10	25	03	5,0
II - 25	25	17,0	16	10	10	02	5,5

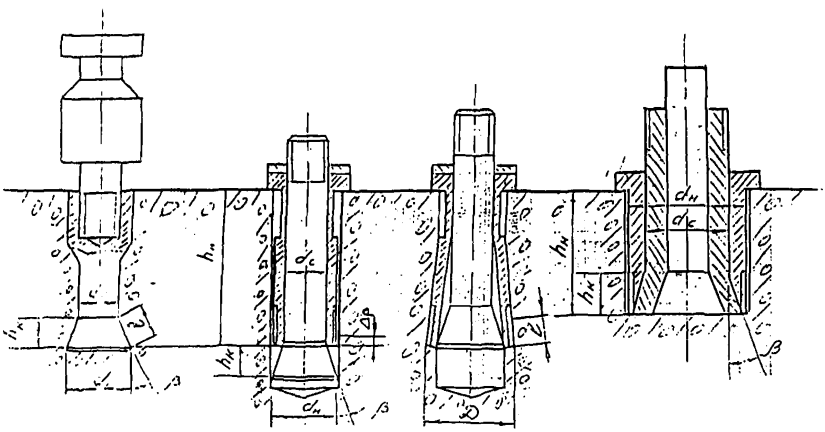
3.6 Изготовитель анкеров должен привести в паспорте номиналы указанных параметров, после подстановки которых в формулу (1), получить переводные зависимости и представить их в графическом виде для каждого типоразмера применяемых анкеров и вида заполнителя.

На рис. 3 приведены графики переводных зависимостей $R_к(P_о)$ для приведенных в табл.2 типоразмеров анкеров для бетона нормального твердения на различных видах заполнителей.

На рис.4 приведено сравнение значений переводных коэффициентов m_2, приведенных в ГОСТ 22690, от их значений, рассчитанных по переводным зависимостям.

3.7 Для анкеров типа II и III допускается их проскальзывание по стенкам шпура на величину Δh не более $0,1 h_н$. При этом измеренное значение $P_о$ необходимо умножить на поправочный коэффициент $\gamma = h_н^2 / (h_н - \Delta h)^2$.

Тип I Тип II Тип Ш



$\mathcal{D} = d_н$

$l = (d_н - d_c) / 2 \sin\beta$

$$\beta = arctg \frac{d_н - d_c}{2 h_к}$$

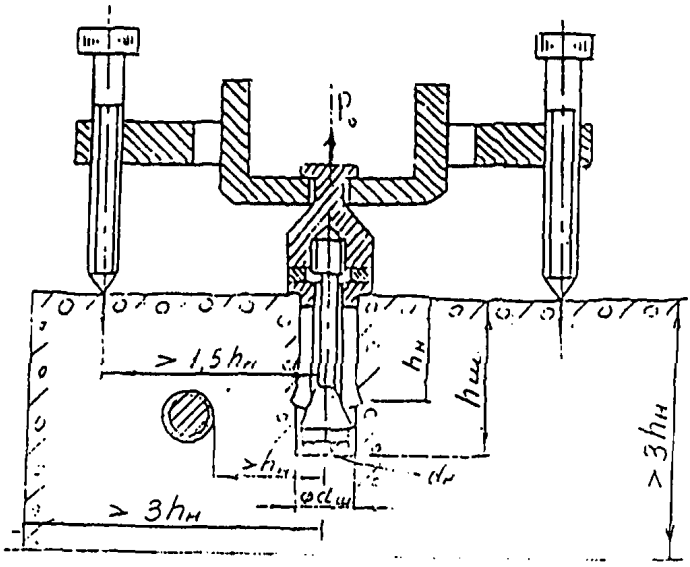
$\mathcal{D} = (d_н + \Delta_р) (1+0{,}002 P_о)$, где

$\Delta_р$ - *шаг зубьев нарезки разжимаемых обкладок*

$$l = \frac{0{,}36 (2d_н+\Delta_р)}{d_н (d_н + \Delta_р)} (1 + 0{,}002 P_о)$$

$$\beta = arctg \left(\frac{d_н - d_c}{2 h_к} \right)$$

Рис.1. Типы анкеров



Параметры шпуров, мм

$h_н$	$h_ш$	$d_н$	$d_ш$
II-48	58	24	25+1
II-35	45	16	16+0,5
III-35	40	28	30+0,5
II-30	40	16	16+0,5
II-30*	40	24	25+1
II-25	35	16	16+0,5

Рис.2. Схема испытаний методом вырыва анкера

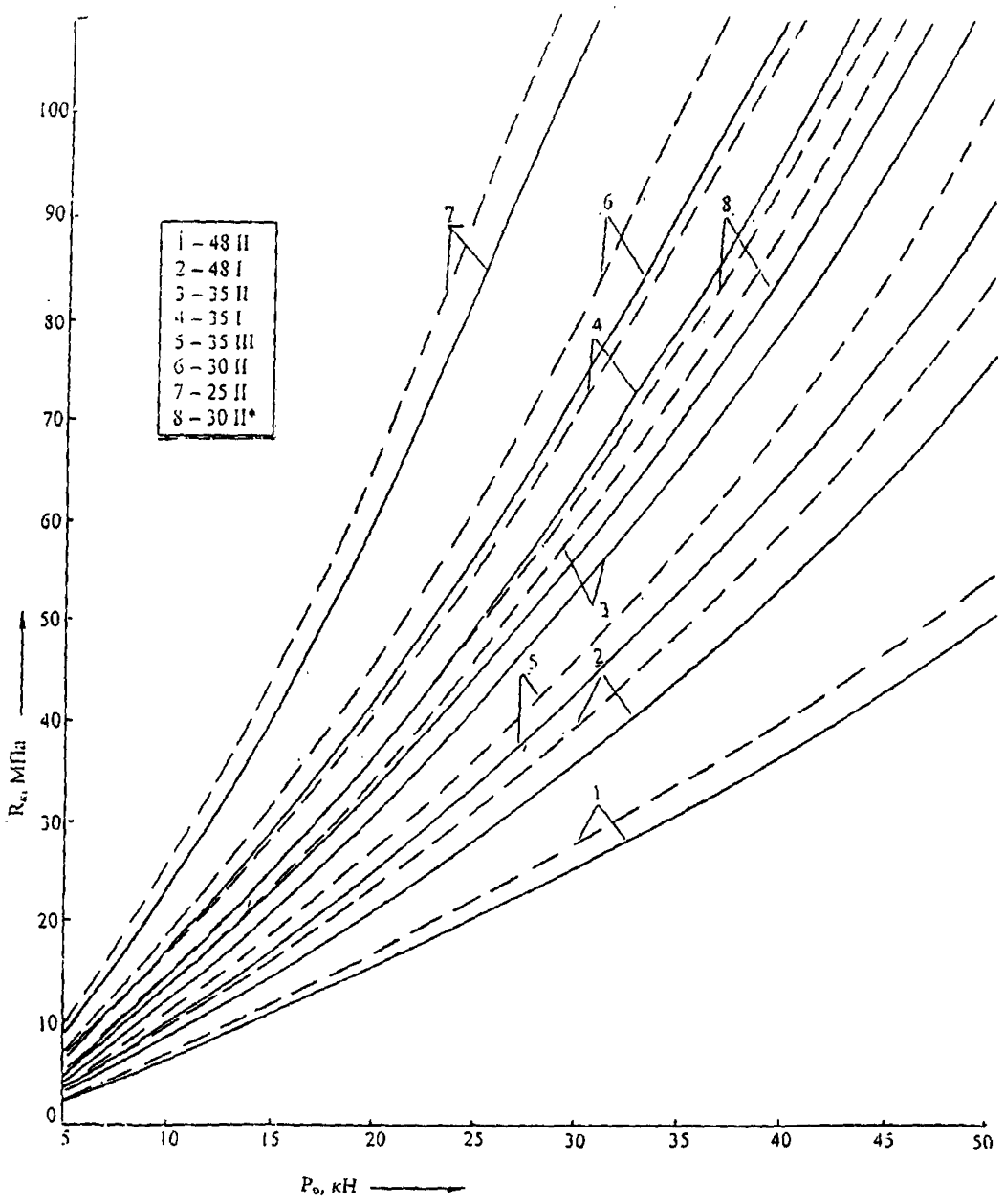


Рис. 3. Расчетные зависимости Rк от Ро и типа анкера

заполнители: • ———— гранитный

• — — — мелкозернистый или гравийный

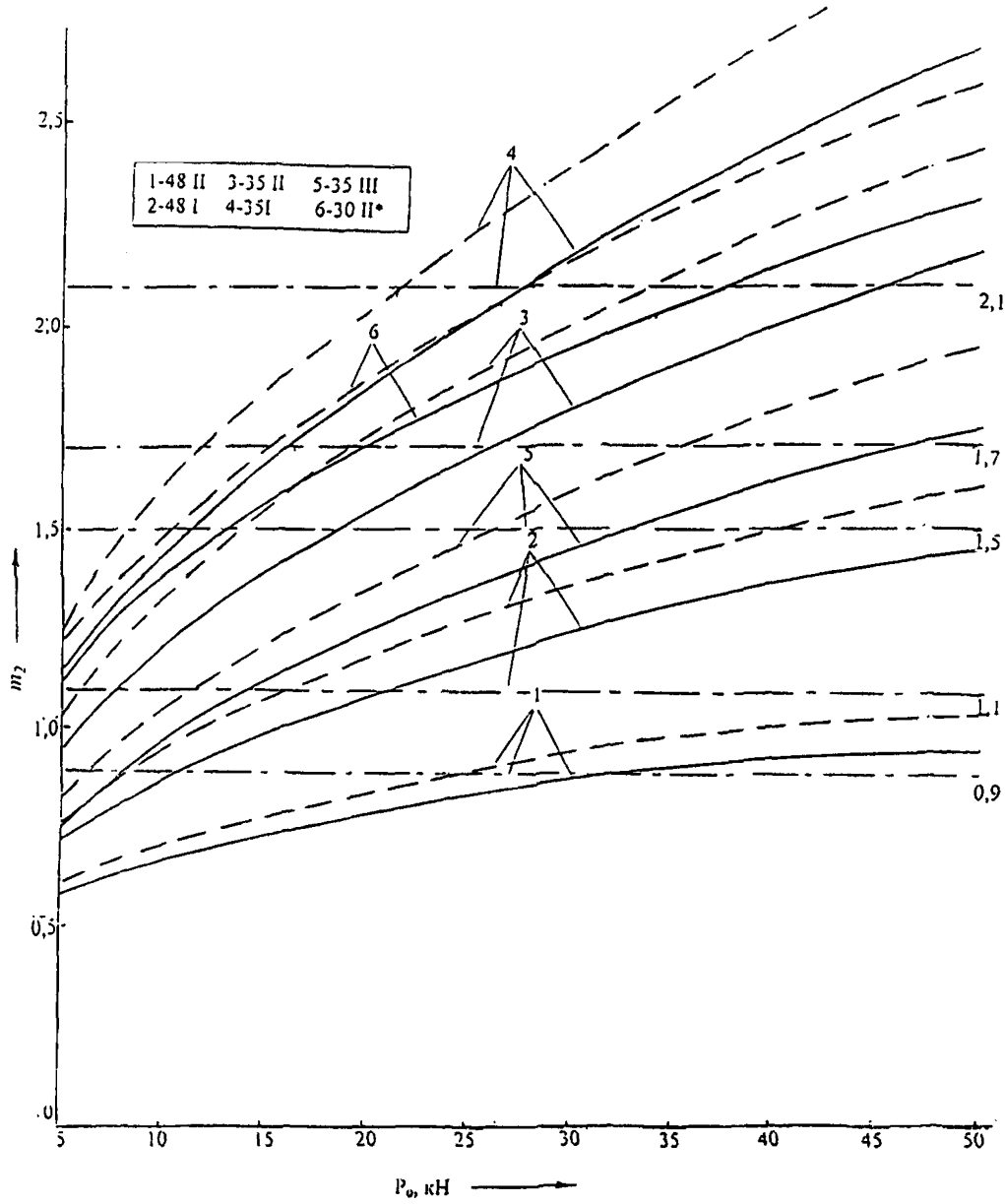


Рис. 4. Зависимости m_2 от P_o и типа анкера по ГОСТ 22690 и нстоящей методике

заполнители: • ———— гранитный

• — — — мелкозернистый или гравийный

4 ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ИСПЫТАНИЙ

4.1 Глубина захвата бетона $h_н$ является основным параметром анкера, она должна превышать наибольший размер зерен крупного заполнителя $d_м$: $h_н > d_м$.

4.2 Конструкция анкеров типа II и III должна обеспечивать предварительное (до приложения нагрузки) обжатие стенок шпура на глубине $h_н$ и контроль проскальзывания с помощью специального или табельного инструмента.

4.3 Усилие вырыва должно быть направлено по оси анкера и равномерно возрастать за время τ , с , до отрыва фрагмента бетона или до заданного контрольного уровня $P_о = P_{ок}$. Скорость возрастания нагрузки должна быть такой, чтобы значение $2200\ P_о/h_н^2\ \tau$ находилось в пределах

$$0{,}2 < 2200\ P_о / h_н^2\ \tau < 1{,}0. \qquad (5)$$

4.4 Предел погрешности $\delta_и$ измерения, приложенного к анкеру усилия, должен быть не более ±3 % от действующего значения.

4.5 Контроль проскальзывания анкера должен производиться с погрешностью не более ±2 % от номинального значения $h_н$.

Для измерения проскальзывания, если анкер не снабжен микрометрической гайкой, рекомендуется использовать штангенглубиномер с ценой деления не более 0,2 мм или набор щупов от 0,2 до 5 мм с шагом 0,2 мм.

4.6 Нагружающие устройства дожны обеспечивать равномерно возрастающее усилие, направленное по оси анкера. Опора должна позволять центрировать ось приложения усилия и выбирать зазоры.

4.7 При опирании устройства нагружения о поверхность бетона, опоры должны быть регулируемые по высоте или иметь возможность регулировки в пределах не менее 5 мм и отстоять от оси приложения нагрузки на расстоянии не менее $1{,}5h_н$.

4.8 Анкера типов П и Ш должны изготавливаться из легированной стали. Разжимной конус должен иметь угол при вершине β в пределах 18-22 ° и поверхностную твердость конусной поверхности не менее 50 HRC.

Разжимные сегментные обкладки должны иметь на конце не менее 3-х радиальных зубьев * треугольного профиля с шагом $\Delta_р$ не менее 2 мм с поверхностной твердостью не менее 60 HRC.

Анкера могут эксплуатироваться пока высота радиальных зубьев не станет менее 1 мм.

Анкера типа I изготавливают из любой арматурной стали, выдерживая геометрические параметры, указанные в Руководстве по эксплуатации применяемой аппаратуры.

4.9 Шпуры под анкеры выполняют вращательным или ударно-вращательным инструментом. Требуемые параметры шпуров приведены на рис. 2.

В таблице 3 приведена рекомендуемая отечественная аппаратура для испытаний бетона методом вырыва**.

---

* Допускается сегментные обкладки с одним зубом, если в шпуре специальным инструментом выполнять радиальную нишу на нормативной глубине $h_н$.

** Допускается применять другие аналогичные средства, удовлетворяющие требованиям п.4.

Таблица 3

Изготовитель	Тип, марка	Основные характеристики
СКБ "Стройприбор", г.Челябинск	Пресс переносной ПОС50-МГ4 с цифровым индикатором на 50 кН с анкерами типа II-48. Пресс ПОС30-МГ4 на 30 кН с анкером типа II-35	Нагрузка до 50 кН Глубина 48 мм Диаметр анкеров 24 мм Масса 3,5 кг Δи с 5 кН ±3 % Нагрузка до 30 кН Глубина 35 мм Диаметр анкера 16 мм Масса 3,5 кг Δи с 3кН ±3 %
Московское представительство ВЗ "ЭТАЛОН"	Пресс переносной ВМ-2.4 на 30 кН со стрелочным индикатором с анкерами типов I-35 и II-35	Нагрузка до 30 кН Глубина от 25 до 35 мм Диаметр анкера 16 мм Масса 3,2 кг Δи с 3 кН ±3 %
Контрос-стройприбор, Москва-Солнечногорск	Пресс переносной ПБЛР на 50 кН со стрелочным манометром с анкером типа III-35	Нагрузка до 50 кН Глубина 35 мм Диаметр анкера 28 мм Масса 4 кг Δи с 10 кН ±4 %
НПП "Карат", г.Челябинск	Пресс переносной "ОНИКС-ОС" на 50 кН с цифровым пультом с анкерами типа II-35 и II-48	Нагрузка до 50 кН Глубина 35 мм Диаметр анкера 16 мм Масса 4 кг Δи с 5 кН ±3 %

5 УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 На обследование конструкции составляется задание, которое должно содержать: схему обследования, перечень мероприятий, необходимых для обеспечения обследования и безопасности работ с указанием лиц, ответственных за их выполнение.

5.2 При работе на высоте более 2 м и на глубине более 3 м, а также при прохождении в пределах 15 м силовой электросети или электрифицированных путей, необходимо строго соблюдать установленный порядок допуска к работам.

5.3 Перед работой необходимо ознакомиться с инструкцией по технике безопасности, действующей на стройке или предприятии, к которому относится обследуемый объект.

5.4 О начале, окончании и характере работ при испытаниях необходимо уведомить прораба стройки, начальника участка или смены предприятия.

5.5 Зону выполнения испытаний необходимо обозначить предупреждающими знаками.

5.6 При выполнении шпуров с использованием электрических машин необходимо:

- обесточить проходящую в зоне испытаний скрытую электропроводку;
- обеспечить подводку напряжения от ближайшего щитка обрезиненным шнуром сечением не менее 1,0 мм;
- выбрать устойчивое положение, стоя на земле или специальных подмостях.

5.7 При подготовке шпуров с использованием электронагревателей необходимо:

- использовать напряжение не более 42 В,
- работать в сухих брезентовых руковицах,
- обеспечить подводку напряжения от ближайшего щитка обрезиненным шнуром сечением не менее 1,5 мм,
- отключать напряжение перед установкой и снятием нагревателей.
- заземлять металлические корпуса нагревателей,
- контакты подвода тока изолировать от попадания воды или пара,
- установить световую индикацию наличия напряжения.

5.8 При выполнении испытаний на высоте более 2 м и глубине более 3 м необходимо:
- работать вдвоем,
- работать, стоя на специальных подмостях,
- обязательно пользоваться монтажным поясом и каской.

6 ПЛАНИРОВАНИЕ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Испытания методом вырыва могут быть:
- количественными с определением фактической прочности R в одном изделии или одной однородной зоне конструкции;
- количественным с определением нижней границы прочности $\check{R}$ в партии изделий одной или группы однотипных конструкций, обеспеченной с надежностью $Q_н$;
- альтернативными с определением фактического уровня обеспеченности Q_j требуемой $R_т$, например нормативной $R_н$, прочности.

По объему контроля испытания методом вырыва могут быть выборочными и сплошными. Сплошные испытания могут выполняться комплексно методом вырыва и любым другим методом неразрушающего контроля при условии корректировки их градуировочных зависимостей согласно приложения А.

6.2 При выборочных испытаниях оценивают фактическую среднюю прочность бетона в отдельных изделиях или в отдельных однородных зонах конструкций.

6.3 При сплошных испытаниях однотипные изделия или зоны конструкции объединяют в условные партии, исходя из поступивших партий бетона, объема бетона, сроков бетонирования (изготовления), однотипности изделий или конструкций.

Изделия или конструкции одной условной партии разбивают на однородные зоны испытаний, исходя из естественных, влияющих на прочность факторов: высоты бетонирования, наличия раздельных ярусов, различия в сроках бетонирования, режимах уплотнения и твердения.

6.4 Оценки прочности бетона в условных партиях производят для каждой условной партии отдельно в пределах однородных зон.

6.5 Результатом одного испытания методом вырыва считают :

- при глубине захвата $h_н = 48$ мм , единичное значение прочности R_e, полученное по результату одного испытания, если выполнены условия п.п.3.7 и 4.1;

- при глубине захвата $h_м \le 35$ мм , среднее значение прочности R_e , полученное по результатам не менее 3-х единичных испытаний R_i , полученных на одном контролируемом участке в одной однородной зоне $R = \sum R_i / 3$ при условии, что ни одно единичное значение R_i не отклоняется от средней R более чем на 12 %.

Если одно из значений R_i выходит за 12 %, то его отбрасывают и усредняют оставшиеся два. Если два значения R_i выходят за 12 %, то выполняют дополнительные испытания на том же участке до получения двух значений, отличающихся друг от друга не более 24 % от наибольшего.

6.6 Нормативный уровень обеспеченности заданной прочности бетона в партии однотипных изделий или однородных зонах конструкций принимают равным $Q_н = 0,95$ (соответствующий односторонний квантиль нормального распределения $U=1,64$).

Уровень достоверности оценок принимают равным $\gamma=0,9$ ($U=1,28$), риск заказчика $\beta = 1 - \gamma = 0,1$.

Нормативное значение коэффициента вариации прочности бетона внутри выделенной партии принимают равным $V_{R_н} = 0,135$.

СКО погрешности результата одного испытания σ_e принимают по п.2.1.

6.7 При сплошном контроле, общий объем испытаний назначают, исходя из общих требований , чтобы в каждой однородной зоне выполнялось не менее 6-ти испытаний, а количество контролируемых однородных зон в условной партии бетона было не менее 3-х.

6.8 Контрольную прочность при альтернативных испытаниях рекомендуется установливать на уровне $1,2R_т$.

Контрольное усилие $P_к$ определяют по переводной зависимости, представленной в графическом виде.

7 ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

7.1 Выбирают типоразмер анкера, глубину захвата $h_н$ и соответствующее нагружающее устройство, исходя из сведений о максимальной фракции крупного заполнителя и соблюдения условия п.4.1.

7.2 Если расположение арматуры неизвестно, необходимо его выявить с помощью индикатора защитного слоя и обозначить на поверхности бетон.

7.3 Производят разбивку конструкций, изделий или выбранных однородных зон на контролируемые участки и разметку точек выполнения шпуров, соблюдая следующие требования:

- шпуры выполняют между арматурными стержнями на расстоянии не ближе $h_н$ к ближнему стержню;
- шпуры должны быть рсположены не ближе $3h_н$ от края бетона или соседнего шпура;
- толщина бетона на контролируемом участке должна быть не менее $3h_н$.

7.4 *Диаметры и глубины шпуров приведены на рис.2, отклонение от вертикальности к поверхности бетона допускается* - не более 1:20.

При замоноличивании анкеров тип I, их закрепляют в отверстиях на опалубке или стенках таким образом, чтобы перед распалубливанием можно было удалить оголовники анкеров.

7.5 Испытываемый бетон должен быть во всех контролируемых зонах в воздушно-сухом состоянии. Если поверхность бетона локально переувлажнена, например после сверления с водяным охлаждением рабочего органа, ее следует перед испытниями подсушить.

В зимних условиях поверхностный слой переувлажненного бетона оттаивают приставным или лучистым нагревателем, прогревают и подсушивают до воздушно-сухого состояния согласно приложения В.

Прогрев допускается не проиводить, если известен состав бетона. В этом случае истинную прочность бетона находят по методике приложения В.

7.6 При необходимости определения возможного добора прочности зимнего бетона производят локальный поверхностный изотермический прогрев бетона по режиму согласно приложения Б.

Если требуемый относительный набор прочности до замерзания бетона составляет $\varphi_т$ от заданного класса, а фактический набор достигает $\varphi_ф$, то длительность нагрева τ, ч, при температуре t °С рассчитывают по формуле

$$\tau = \frac{24}{\alpha_ц K_t} ln \frac{1 - \varphi_ф}{1 - \varphi_т}, \qquad (6)$$

где коэффициенты $\alpha_ц$ и K_t находят по таблицам Б.1 и Б.2 приложения Б.

7.7 В протокол заносят следующие имеющиеся сведения о бетоне:

- вид и максимальная крупность заполнителя;
- сроки укладки бетона и условия твердения до момента испытаний, для зимнего бетона - способ прогрева и температурный лист прогрева;
- заданный класс бетона В или требуемое (в промежуточных возрастах) $R_т$ значения прочности.

При оценке возможного добора прочности зимнего бетона, дополнительно необходимо знать вид используемого цемента.

Производят привязку контролируемых участков для конструкций - к осям и высотам, для изделий - к сроку изготовления и порядковому номеру партии.

8 ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

8.1 Проверяют целостность и состояние зубьев анкеров типов II и III, очищают межзубьевые канавки от остатков бетона, подбирают (при необходимости) размер ограничительной шайбы, очищают шпур от продуктов сверления, закладывают в него анкер до ограничительного фланца и закрепляют анкер с помощью оголовника.

8.2 Нагружающее устройство приводят в начальное положение, силоизмеритель - в нулевое, соединяют оголовник анкера с захватом нагружающего устройства и с помощью регулируемых ножек (для анкеров типа II) выбирают начальный зазор и добиваются соосности анкера оси захвата нагружающего устройства.

8.3 Равномерно с заданной скоростью производят нагружение анкера до контрольного усилия $P_к$ или до отрыва фрагмента бетона. После чего замеряют с помощью штангенглубиномера или щупов проскальзывание анкера Δh (если оно имеется) по величине образовавшегося зазора между ограничительным фланцем и поверхностью вырванного бетонного фрагмента и снимают показания силоизмерителя I_p, которые заносят в протокол.

При использовании штангенглубиномера Δh находят как разность между $h_п$ и замеряют расстояние от верха ограничительного фланца до поверхности бетона $h_п$, толщиной фланца $h_о$.

С помощью градуировочной характеристики силоизмерителя $P_о(I_p)$, приведенной в паспорте прибора, находят усилие вырыва $P_о$.

8.4 Если вырыва или нагружения не произошло или значение проскальзывания Δh превышает $0{,}1h_н$, то испытание бракуют и выполняют его повторно, закрепляя анкер вновь в этом же или соседнем шпуре.

Если проскальзывание в пределах нормы, то рассчитывают поправочный коэффициент γ_2 (см п.3.7), который заносят в протокол (Приложение Г).

8.5 При альтернативной схеме испытаний, положительным исходом следует считать, если в серии из 3-х нагружений на одном участке хотя бы в 2-х случаях отрыва не произошло или хотя бы два отрыва произошло с проскальзыванием анкера, учет которых по п.3.7 дает приведенное усилие $P' = P \cdot \gamma$, превышающее $P_к$.

9 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

9.1 Прочность бетона на одном контролируемом участке определяют по результатам одного, если выполнены условия п.3.5, или не менее трех испытаний путем усреднения в последнем случае не менее двух приведенных усилий отрыва, скорректированных на проскальзывание анкера по п.3.7.

Приведенное единичное или среднее усилие вырыва $P_о$ переводят в кубиковую прочность бетона при сжатии $R_к(P_о)$, используя зависимость в графическом виде.

Полученному значению прочности бетона на одном участке $R_{ск}$ приписывают СКО погрешности по п.2.1.

9.2 Одна однородная зона или одна серия изделий характеризуется средней прочностью $\bar{R}$, если размах прочности - разница между максимальной R_{max} и минимальной R_{min} полученными значениями прочности отдельных участков в пределах этой зоны (изделия) не превышает 24 % от R_{max}.

В зонах с размахом прочности более 24 % производят дополнительные испытания и, если размах все же остается более 24 %, пересматривают границы однородных зон.

9.3 Если в однородной зоне (одной серии изделий) выполнено m (не менее 6-ти) испытаний результаты которых R_j, $j = 1, 2 \ldots m$ удовлетворяют условиям пп.3.4 и 6.2, вычисляют оценки:

- средней зональной прочности $\bar{R}_z = \sum_{j}^{m} R_j / m$, (7)

- зонального коэффициента вариации прочности

$$S_z = \frac{1}{\bar{R}_c} \left[\frac{1}{m-1} \sum_{j}^{m} (R_j - \bar{R})^2 \right]^{1/2} \qquad (8)$$

9.4 При выборочном контроле, нижнюю границу средней прочности бетона в однородной однородной зоне определяют с достоверностью $\gamma_c = 0,9$ по формуле

$$\check{R}_z = \bar{R}_z \cdot [1 - 1,28 (\frac{S_z^2}{m} + \sigma_e^2)^{1/2}] \qquad (9)$$

Отбраковку бетона в отдельных однородных зонах выполняют путем сравнения $\check{R}_z$ с требуемой прочностью $R_т$.

Если в отдельных зонах $\check{R}_z < R_т$, в них производят дополнительные испытания и по результатам основных и дополнительных испытаний рассчитывают скорректированные значения $\bar{R}_z$ и S_z и вычисляют новые значения $\check{R}_z$.

9.5 Если в пределах одной условной партии бетона конструкций или изделий были выполнены испытания в M однородных зонах конструкций (сериях изделий) и получено M значений $\bar{R}_{z\eta}$, $\eta = 1, 2 ... M$, то вычисляют среднюю прочность по всем зонам

$$\bar{R}_p = \frac{1}{M} \sum_{\eta}^{M} \bar{R}_{z\eta} \quad , \qquad (10)$$

межзональный коэффициент вариации

$$S_p = \frac{1}{\bar{R}_p} [\frac{1}{M-1} \sum_{\eta}^{M} (\bar{R}_p - \bar{R}_\eta)^2]^{1/2} \qquad (11)$$

и нижнюю границу прочности*, обеспеченной с надежностью $Q_н=0,95$

$$\check{R}_p = \bar{R}_p [1 - 1,64 S_p - 1,28 (\frac{S_p^2}{Mm} + \sigma_e^2)^{1/2}] \qquad (12)$$

9.6 При испытаниях по альтернативной схеме, обеспеченность требуемой прочности принимаемой партии бетона конструкций или изделий подтверждается, если на каждом конролируемом участке произошло не более одного вырыва с приведенным усилием P' менее контрольного $P_к$ и общее количество контролируемых участков составило не менее, указанного в п.6.7.

Если в отдельных зонах имеются m участков, на которых произошло не менее двух вырывов при средних приведенных усилиях P_j соответствующих средним прочностям $R = P_j \cdot m_2$, $j = 1, 2 ... m_o$ и ни одно из значений R_j не ниже требуемой прочности $R_т$, то по результатам Mm-m_o положительных и m_o отрицательных испытаний производят перерасчет нижней границы прочности $\check{R}_p$ следующим образом: вычисляют показатели V и h

$$V = m_o \frac{\sum_{j}^{m_o} (R_к - R_j)}{[\sum_{j}^{m_o} (R_к - R_j)]} \quad , \qquad (16) \qquad h = \frac{mM - m_o}{mM} \qquad (13)$$

---

* Допускается нижнюю границу прочности вычислять по формуле: $\check{R}_p = \bar{R} / K_т$, где $K_т$ - коэффициент требуемой прочности, находимый по табл.2 ГОСТ 18105, в зависимости от $V_п$, где $V_п = [S_p^2 + \sigma_e^2]^{1/2} \cdot 100, \%$

и по таблицам Д.1 и Д.2 приложения Д находят значение коэффициента Z и $f_1(z)$, и затем вычисляют оценки

$$S_p = \frac{1 - h}{h\, f_1(z) - (1-h)\, z} \quad \frac{\sum_{j}^{m_o} (R_к - R_j)}{m_o} \qquad (14)$$

$$\bar{R}_p = Z \cdot S_p + R_к \qquad (15)$$

и по ним выполняют рассчет нижней границы прочности $\check{R}_p$.

9.7 В однородных зонах, в которых отрицательные результаты альтернативных испытаний хотя бы на одном участке показали среднюю прочность R_j ниже требуемой прочности $R_т$, переходят на количественную схему контроля и обработки результатов по пп.9.2-4.

9.8 При оценке возможного добора прочности зимнего бетона (уложенного при отрицательной температуре) на не менее двух участках одной однородной зоны выполняют серии из трех испытаний до и после локального изотермического прогрева в течение τ часов при температуре t °С.

Если по результатам n сравнительных испытаний были получены средние значения прочности до прогрева R_1 и после прогрева R_2 при соответствующих СКО прочности S_1 и S_2 и

$$R_2 - R_1 > \frac{1{,}28}{\sqrt{n}} (S_1^2 + S_2^2) \quad ,$$

то рассчитывают коэффициент прироста прочности $K_R = R_2 / R_1$, на который при оценке ожидаемой прочности умножают значения прочности, полученные по результатам измерений при натурных спытаниях с указанием времени достижения прироста прочности после оттаивания бетона, определяемые согласно приложения Б.

9.9 Обработку результатов измерений при натурных испытаниях оформляют протоколом, рекомендуемая форма которого приведена в приложении Г.

Приложение А
(рекомендуемое)

ПОСТРОЕНИЕ И КОРРЕКТИРОВКА РАБОЧИХ ГРАДУИРОВОЧНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ

А.1 Метод вырыва, как наиболее точный, позволяет получать и корректировать рабочие градуировочные зависимости (РГЗ) для других средств испытаний, применяемых при неразрушающем контроле (НК) в натурных условиях с привязкой к конкретным видам бетона и условиям испытаний.

А.2 Нелинейную в общем случае РГЗ прочности R от косвенного показателя H во всем диапазоне измерения R можно линеаризировать в ограниченном рабочем поддиапазоне и представить в виде кусочно линейной зависимости

$$R = A + BH, \qquad R_н < R < R_в\ , \qquad H_н < H < H_в \qquad (А.1)$$

дополняя ее, при необходимости, квадратичной зависимостью вида

$$R = A + BH + [C_1 \cdot (H_п - H)^2 - C_2]\ , \qquad (А.2)$$

где $H_п = \frac{1}{2}(H_н - H_в)$ - средняя точка диапазона изменения косвенного показателя H.

А.3 Построение РГЗ выполняют по результатам сравнительных испытаний бетона методом вырыва и другим методом НК в пределах не менее трех однородных зон со средними значениями прочности, перекрывающими весь рабочий диапазон, при числе серий (участков) сравнительных испытаний в одной однородной зоне не менее 6-ти.

Корректировку ранее полученной РГЗ выполняют по результатам сравнительных испытаний не менее, чем на 6-ти участках в пределах одной условной партии.

А.4 При построении РГЗ, обработку сравнительных испытаний выполняют методом наименьших квадратов или методом Вальда.

Метод наименьших квадратов реализуется , например, программой EXEL .

Метод Вальда реализуется следующим образом.

Если в M однородных зонах было выполнено по m сравнительных испытаний и получены значения прочности методом ОСК - $R_{кj}$ и косвенного параметра - методом НК $H_{кj}$, $j = 1, 2 \ldots m$, $к = 1, 2 \ldots M$, то последовательно рассчитывают средние зональные $\bar{R}_к$ и $\bar{H}_к$

$$\bar{R}_к = \frac{1}{m}\sum_{j}^{m} R_{кj} \qquad (А.3), \qquad H_к = \frac{1}{m}\sum_{j}^{m} H_{кj} \qquad (А.4)$$

и общие средние значения $\bar{R}_с$ и $\bar{H}_с$

$$\bar{R}_с = \frac{1}{M}\sum_{к}^{м} R_к \qquad (А.5), \qquad \bar{H}_с = \frac{1}{M}\sum_{к}^{м} H_к \qquad (А.6)$$

затем после ранжирования $\bar{R}_к$ по возрастанию, определяют оценки коэффициентов регрессии B и A:

$$B = \sum_{к}^{м} \bar{R}_к (M + 1 - 2к) / \sum_{к}^{м} \bar{H}_к (M+1 - 2к) \quad (A\ 7), \quad A = R_c - B_{нс} \quad (A.8)$$

Например, для случая трех однородных зон: к = 1, 2, 3 :

$$B = \frac{\bar{R} - \bar{R}}{\bar{H}_1 - \bar{H}_3} \quad (A\ 9), \quad A = \frac{1}{2}(\bar{R}_1 + \bar{R}_3) - \frac{1}{2} B(\bar{H}_1 + \bar{H}_3) \quad (A.10)$$

А.5 Для оценки точности полученной РГЗ, вычисляют зональные СКО

$$Sh_к = \left[\frac{\sum_{j}^{m}(\bar{R}_к - R_{кj})^2}{m(m-1)}\right]^{1/2} \quad (A\ 11), \quad S_{нк} = \left[\frac{\sum_{j}^{m}(\bar{H}_к - H_{кj})^2}{m(m-1)}\right]^{1/2} \quad (A.12)$$

и общие СКО:

$$S = \frac{1}{M}\sum_{к}^{м} SR_к \quad (A\ 13) \qquad S_н = \frac{1}{M}\sum_{к}^{м} S_{нк} \quad (A.14)$$

СКО погрешности определения коэффициента B

$$S_в = \frac{1}{\sqrt{M}}[SR^2 + B^2 \cdot S_н^2]^{1/2} \quad (A.15)$$

и СКО погрешности полученной РГЗ в любой точке R

$$S_{гн}(R) = \left[\frac{1}{\sqrt{M}} S_н^2 + B^2(\bar{R}_c - R)^2 \cdot S_в^2\right]^{1/2} \quad (A.16)$$

СКО результирующей погрешности градуируемого средства НК получают путем учета погрешности метода вырыва $\sigma_г$:

$$S_\Sigma = (\sigma_г^2 + S_{гн}^2)^{1/2} \quad (A.17)$$

А.6 Далее, по данным m_n испытаний бетона в зоне с промежуточными значениями средней прочности $\bar{R}_n$ и СКО прочности SR_n, найденными по п.4-5, определяют отклонение среднего значения R_n от расчетного значения прочности, полученного с использованием полученной РГЗ - $R(H_n)$:

$$\Delta R = R(\bar{H}_n) - \bar{R}_n \quad (A.18)$$

Если эта разность превышает величину

$$1{,}64\,[S_{гн}^2(R_n) + SR_n^2]^{1/2} \quad (A.19)$$

это значит, что необходимо ввести в РГЗ дополнительно квадратичный член:

$$\Delta R = C_1 (H_n - H)^2 - C_2 \qquad (A.20)$$

где коэффициенты C_1 и C_2 находят по формулам:

$$C_1 = \frac{R_n}{(H_n - H_c)^2 - (H_м - H_c)^2} \quad (A\,21), \quad C_2 = C_1 \cdot (H_м - H_c)^2 \qquad (A.22)$$

А.7 Считается, что полученной РГЗ можно пользоваться по крайней мере в диапазоне

$$R_1 - SR < R < R_м + SR \quad ,$$

если в нем соблюдается условие $S\Sigma / R < 0{,}08$.

При необходимости выйти за пределы указанного диапазона, например в сторону больших прочностей, используют данные испытаний по крайней мере в одной однородной зоне с прочностью $R_{м+1}$, перекрывающей требуемое расширение диапазона; при этом линейную зависимость строят в поддиапазоне от $R_{м-1}$ до $R_{м+1}$ и проверяют на адекватность в точке $R_м$.

А.8 Для корректировки ранее построенной РГЗ путем введения поправочного множителя $K_г$, достаточно в одной однородной зоне со средней прочностью бетона в пределах рабочего поддиапазона выполнить не менее 9-ти сравнительных испытаний и по полученным данным: R_j и $R_{нj}$; $j = 1, 2 \ldots m$, где $R_{нj}$ - значения прочности, полученные методом МНК, рассчитывают оценки средних значений R_c и $R_{нc}$:

$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{j}^{m} R_j \quad (A\,23) \; ; \quad R_{нc} = \frac{1}{m} \sum_{j}^{m} R_{нj} \qquad (A.24)$$

значения поправочного множителя и СКО погрешности его определения:

$$K_г = R_c / R_{нc} \quad (A\,25), \qquad S_к = S / \left[\sum_{j}^{m} (R_{нj} - R_{нc})^2 \right]^{1/2} \qquad (A.26),$$

где

$$S = \left[\frac{1}{m-2} \sum_{j}^{m} (R_j - K_г \cdot R_{нj})^2 \right]^{1/2} \qquad (A.27)$$

Если отношение $K_г / S_к > 2$, то на результат, полученный методом МНК следует вводить поправку, равную $K_г$, если $K_г / S_к < 1$, то поправка не вводится, если $1 < K_г / S_к < 2$, то решение о введении поправки принимают по результатам удвоенного количества сравнительных испытаний.

При введении поправи, истинную прочность бетона R по крайней мере в диапазоне $R_c - 2S < R < R_c + 2S$,

где

$$SR = \left[\frac{1}{m-1} \sum_{j}^{m} (R_j - R_c)^2 \right]^{1/2} \qquad (A.28)$$

по результатам испытаний методом МНК $R_н$ находят путем умножения $R_н$ на $K_г$.

Приложение Б
(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДАЦИИ

по оттаиванию и изотермическому прогреву замерзшего бетона

Б.1 В зимних условиях без оттаивания допускается испытывать зимний бетон только подверженный электропрогреву. Бетон, уложенный методом термоса или прогретый паром, может давать завышенные оценки прочности до 20 %.

Б.2 Для испытаний бетона в зимних условиях принимают предварительное местное оттаивание бетона на контролируемом участке.

Для оценки возможного добора прочности после оттаивания применяют местный поверхностный изотермический прогрев бетона.

Б.3 Оттаивание может производиться , как лучистым обогревом, так и с помощью приставных обогревателей. Прогрев выполняют до температуры +(2-3) °С, которую контролируют с помощью закладного термометра в донной части одного из шпуров.

Б.4 Длительность прогрева τ , сут, при известных: марочной прочности бетона $R_{см}$ (средней прочности бетона в контрольных образцах-кубах, выдержанных 28 суток при температуре +20 °С) и группы примененного цемента определяют в зависимости от достигнутой равновесной температуры $t_и$, °С , по формуле твердения бетона по В.Лукьянову:

$$R(\tau_{пр}) = R_{см}\left[1 - Be^{-\alpha\tau_{пр}}\right], \qquad (Б.1)$$

где $\tau_{пр} = \tau \cdot K_{пр}(t_и)$ и определяемой по табл.Б 2,

B и α - константы твердения, определяемые вависимости от группы применяемого в бетоне цемента по табл.Б1.

$R_{см}$ - проектная марка бетона по прочности на сжатие.

Б.5 Если при твердении выявляются несколько интервалов твердения длительностью τ_i, i= 1, 2... при средней температуре t_i , i = 1, 2... , то приведенный возраст определяют путем суммирования

$$\tau_{пр} = \sum i K_{пр}(t_i)$$

Например, если при электропрогреве втечение τ_1 , сут , средняятемпература была t_1 , °С , а при изотермическом обогреве в течение τ_2 , сут, средняя температура составила t , °С, то

$$\tau_{пр} = \tau_1 \cdot K_{пр}(t) + \tau_2 \cdot K_{пр}(t_2) \qquad (Б.2)$$

Ориентировочно с погрешностью ±15 % оценку $K_{пр}(t)$ дает формула

$$K_{пр}(t) = 1 + (t-20)\,S ,$$

где S находят по таблице Б.1 для данной группы цемента.

Б.6 При необходимости оценки воможного добора прочности бетона после оттаивания и установления возможных сроков нагружения конструкции , на двух-трех участках выполняют не менее 6-ти шпуров на каждом из них по три шпура используют для испытаний сразу после оттаивания по п.3 и по три - после изотермического прогрева по пп.4-6.

Таблица Б. 1

B, α, S - константы твердения, составляющие для групп цемента.

Группа цемента	Характеристика группы	Марка бетона	B	α	S
1	ОБТЦ марки 600	400-600	0,78	0,28	0,055
2	БТЦ марки 500	300-400	0,81	0,21	0,060
3	ПЦ марки 400 с КЗ - добавками до 10 %	200-300	0,87	0,17	0,070
4	ШПЦ марок 300-400 со шлаковыми добавками до 15 %	200-300	0,95	0,14	0,085
5	Пуццолановые ПЦ марки 300 и ниже	100-200	1,02	0,12	0,110

Таблица Б.2. Температурные коэффициенты приведения K(t)

Группа цемента	Температура , °C									
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
1	0,67	0,84	1	1,3	1,5	2,0	2,7	3,3	4,1	4,9
2	0,65	0,83	1	1,3	1,5	2,0	2,8	3,6	4,5	5,4
3	0,62	0,81	1	1,3	1,6	2,3	3,2	4,2	5,4	6,7
4	0,56	0,78	1	1,4	1,8	2,7	4,0	5,6	7,4	9,6
5	0,50	0,71	1	1,5	2,0	3,3	5,2	7,7	11,0	15,0

Приложение В
(рекомендуемое)

РЕКОМЕНДАЦИЯ
по оценке прочности замершего бетона без проведения его предварительного прогрева

Методика распространяется на бетоны известного состава на плотных заполнителях , испытываемые при температуре окружающей среды ниже -3 °С и твердевшие до их замораживания не менее 2 суток при положительной температуре, обеспечиваемой электропрогревом, электроподогревом, способом термоса, отогревом пара и обогревом воздуха, окружающего бетон.

В.1 Технические средства , вспомогательные устройства и материалы:

- весы лабораторные по ГОСТ 24104 4-го класса на 1-1,5 кг,
- шкаф сушильный на предел нагрева +105 °С с точностью поддержания температуры ±2 °С,
- термометр на диапазон, перекрывающий интервал (-30÷0) °С с погрешностью ±1 °С,
- металлический сосуд со сливом объемом не менее 2 л,
- водосборный стакан объемом не менее 200 мл.

В.2 Порядок выполнения работ.

В.2.1 Собирают куски бетона , полученные в результате не менее 6 вырывов анкера от одной однородной зоны. Из пробы удаляют мелкие непредставительные части. Полученную пробу из представительных кусков бетона помещают в полиэтиленовый пакет.

В.2.2 Замороженную пробу, не доводя до оттаивания, взвешивают, определяя ее массу $m_з$.

В.2.3 После взвешивания пробу помещают в металлический сосуд с водой при температуре (20±5) °С и выдерживают в нем в течение не менее 1 часа. Затем сливают воду, и высыпают пробу на противень, а сосуд наполняют вновь водой до уровня слива и, по методу вытеснения объема воды, определяют суммарный объем V всех кусков пробы. Каждый кусок перед погружением в сосуд промокают влажной (отжатой) ветошью. Перед началом определения объема под сливом устанавливают приемный сосуд или мерный стакан.

В.2.4 Пробу помещают в сушильный шкаф и высушивают при температуре (100±5) °С до постоянной массы m_c .

В.2.5 Предел кубиковой прочности бетона на сжатие $R_к$ при t = (20±5) °С определяют по зависимости:

$$R_к = R_{кз} \left\{ [(W-W_л)/C + 3{,}2\,\Delta V'] / (W/C + 3{,}2\Delta V') \right\}^{3/2}, \qquad (В.1)$$

где $R_{кз}$ - *предел кубиковой прочности на сжатие замерзшего бетона, определяемый* по усилию вырыва анкера $P_о$ (см график на рис.3), МПа,
W - объем воды затворения бетонной смеси (по составу) см^3 ,
C - содержание цемента в 1 л бетона , г ,

3,2 - стехиометрическая константа, отн.ед ,
Wл - объем льда в 1 л бетона, см³ определяют по формуле В.2.
$\Delta V'$ - удельная контракция цемента, находят по таблице В.1.

$$W_л = 1{,}09 \left[(m_з - m_c) \frac{1000}{V d} - 3{,}5 \Delta V' C - \beta (П+Щ) \right] , \qquad (В.2)$$

где d=1 - плотность воды при температуре (20±2) °С, г/см³,
П и Щ - содержание песка и щебня в 1 л бетона, г,
β - коэффициент, равный 0,01 см³/г,
3,5 - стехиометрическая константа, отн.ед.

Если в расчетах по формуле В.2 параметр Wл принимает отрицательные значения. то в расчетах по формуле В.1 его значение принимают равным 0.

Таблица В.1

Длительность и температура предвар. твердения / Марка цемента и $\Delta V'$, см³/г	28 сут. нормальн. твердения	14 сут. норм. твердения	7 сут. норм. твердения	2 сут. при 60 °С	2 сут. при 50 °С	2 сут. при 40 °С	3 сут. при 30 °С
Цемент М 600 $\Delta V'$	0,047	0,045	0,04	0,044	0,04	0,035	0,034
Цемент М 500 $\Delta V'$	0,041	0,039	0,034	0,038	0,034	0,031	0,03
Цемент М 400 $\Delta V'$	0,035	0,033	0,028	0,032	0,028	0,025	0,024

Приложение Г
(рекомендуемое)

ПРОТОКОЛ

выполнения натурных испытаний бетона методом вырыва

Строительная организация _____

_____

1. Объект испытаний _____

_____

_____

2. Цель испытаний _____

_____

_____

3. Период испытаний _____
Дата

Температурный лист _____
°С

4. Сведения о конструкции:

сроки бетонирования _____

способ бетонирования _____

способ выдерживания _____

средняя температура бетона _____Время_____
°С

расположение швов, ярусов _____

вид армирования _____

5. Сведения о бетоне:

вид и крупность заполнителя _____

группа и марка цемента _____

наличие и вид добавок _____

заданный класс бетона, МПа _____

требуемая прочность, МПа _____
(на период испытаний)

состояние бетона (визуально) _____

6. Средства испытаний

NN пп	Наименование	Тип, осн. характеристики	Сведения о поверке или калибровке
1			
2			
3			
4			
5			

7. Планирование испытаний

Карта разделения на однородные зоны и расположения участков испытаний приведена в приложении 1.

Схема испытаний (количественная, альтернативно-количественная) _____

Дозированный уровень нагружения, МПа _____

Количество однородных зон в конструкции _____

Типоразмер анкера _____

8. Подготовка конструкции

Размеры шпуров ∅ x , мм _____

Способ и режим предварительной обработки (прогрев, высушивание) _____

_____

9. Результаты испытаний

Координаты участка	Показания силоизмерителя	Усилие вырыва, кН	Проскальзывание, мм
Основные испытания			
Дополнительные испытания			

10. Результаты обработки данных испытаний прочности по участкам:

NN пп	Усилие вырыва, кН	Поправочный коэффициент	Прочность, МПа	Средняя прочность по участкам
Основные испытания				
Дополнительные испытания				

11. Результаты расчетов прочности.

11.1. Нижние границы прочности по зонам.

Зоны	Средние значения, МПа	СКО, МПа	Нижняя граница прочности, МПа

11.2. Нижние границы прочности по результатам дополнительных измерений по зонам

Зоны	Средние значения, МПа	СКО, МПа	Нижняя граница прочности, МПа

11.3. Зоны с необеспеченной требуемой прочностью.

_____

_____

11.4. Расчет нижней границы прочности партии бетона, конструкций, изделий.

Средняя прочность $\bar{R}_p$, МПа _____ СКО, МПа _____

Нижняя граница прочности $\check{R}_p$, МПа _____

11.5. Расчет прироста прочности после прогрева.

_____

_____

12. Заключение _____

_____

Испытания проводили _____

_____

_____

Приложение Д

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица Д.1

V	Значения коэффициента Z для цензурированной выборки						
	h=0,10	h=0,15	h=0,20	h=0,25	h=0,30	h=0,35	h=0,40
1,00	-2,680	-1,985	-1,537	-1,207	-0,943	-0,720	-0,523
1,10	-1,889	-1,528	-1,242	-1,004	-0,797	-0,612	-0,443
1,20	-1,536	-1,282	-1,064	-0,871	-0,696	-0,534	0,236
1,30	-1,325	-1,123	-0,941	-0,775	-0,620	-0,474	-0,334
1,40	-1,180	-1,009	-0,850	-0,702	-0,561	-0,425	-0,294
1,50	-1,073	-0,921	-0,779	-0,643	-0,512	-0,385	-0,261
1,60	-0,990	-0,852	-0,721	-0,594	-0,471	-0,351	-0,232
1,80	-0,866	-0,747	-0,631	-0,518	-0,407	-0,296	-0,039
2,00	-0,778	-0,671	-0,565	-0,461	-0,357	-0,253	-0,149
2,20	-0,711	-0,611	-0,513	-0,415	-0,317	-0,219	-0,119
2,40	-0,657	-0,564	-0,471	-0,378	-0,284	-0,189	-0,093
2,60	-0,613	-0,525	-0,436	-0,347	-0,257	-0,165	-0,072
2,80	-0,576	-0,491	-0,406	-0,320	-0,233	-0,144	-0,053
3,00	-0,545	-0,463	-0,381	-0,297	-0,212	-0,125	-0,036

Таблица Д. 2

Значения функции f(z)

z	f (z)	z	f (z)
-2,0	2,373	-0,2	0,929
-1,9	2,285	-0,1	0,863
-1,8	2,197	-0,0	0,798
-1,7	2,110	0,1	0,735
-1,6	2,024	0,2	0,675
-1,5	1,939	0,3	0,617
-1,4	1,854	0,4	0,562
-1,3	1,770	0,5	0,509
-1,2	1,688	0,6	0,459
-1,1	1,606	0,7	0,412
-1,0	1,525	0,8	0,368
-0,9	1,446	0,9	0,326
-0,8	1,367	1,0	0,288
-0,7	1,290	1,1	0,252
-0,6	0,215	1,2	0,219
-0,5	1,141	1,4	0,163
-0,4	1,069	1,5	0,139
-0,3	0,998	1,6	0,177

Таблица Д.3

Квантили одностороннего нормального распределения Ф(U)

Q	U	Q	U
0,50	0,00	0,73	0,61
0,51	0,02	0,74	0,64
0,52	0,05	0,75	0,67
0,53	0,07	0,76	0,70
0,54	0,10	0,77	0,74
0,55	0,12	0,78	0,77
0,56	0,16	0,79	0,80
0,57	0,18	0,80	0,84
0,58	0,20	0,81	0,88
0,59	0,23	0,82	0,92
0,60	0,25	0,83	0,95
0,61	0,27	0,84	0,99
0,62	0,30	0,85	1,99
0,63	0,33	0,86	1,08
0,64	0,36	0,87	1,13
0,65	0,39	0,88	1,17
0,66	0,41	0,89	1,22
0,67	0,44	0,90	1,28
0,68	0,47	0,91	1,34
0,69	0,50	0,92	1,40
0,70	0,52	0,93	1,47
0,71	0,55	0,94	1,5
0,72	0,58	0,95	1,64

Приложение Е
(справочное)

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Е.1 Параметр уровня хрупкости χ - величина постоянная для каждого типа бетона, определяемого видом заполнителя или условиями его твердения, и определяесая формулой:

$$\chi = \frac{R_p}{R_к^{2/3}},$$

где R_p и $R_к$ - пределы прочности бетона соответственно на одноосное растяжение и одноосное сжатие (в образцах-кубах).

Е.2 Переводные зависимости - градуировочные зависимости для каждого типа анкера и типа бетона, устанавливаемые расчетным путем по зависимости общего вида (1), полученной на основе теории наименьшего сопротивления отрыву хрупких материалов по А.И.Маркову (случай плоского напряженного состояния, вызванного одновременным нагружением бетона сжатием и растяжением). Переводные зависимости связывают пределы кубиковой прочности при сжатии бетона $R_к$ с усилием вырыва из него анкера P_o .

Е.3 Контролируемый участок.

Участок изделия или конструкции, отвечающий требованиям п.7.3, на котором выполняется одна серия испытаний и устанавливается одно единичное значение прочности R_e.

Е.4 Однородная зона.

Зона конструкции, характеризующаяся одним показателем прочности $\check{R}_z$ при допустимой неоднородности бетона, оцениваемой зональным коэффициентом вариации S_z .

Для изделий, изготавливаемых в заводских или полигонных условиях, за однородную зону принимают все изделие в целом или серию изделий , изготавливаемых за один технологический цикл.

Для бетонируемых конструкций однородная зона выбирается исходя из цикличности бетонирования и обеспечения в ней идентичных условий укладки и твердения бетона.

Для обследуемых конструкций, при отсутствии сведений об условиях бетонирования, однородная зона выбирается исходя из условий нагружения и эксплуатации.

Е.5 Нижняя граница средней прочности бетона в однородной зоне $\check{R}_z$.

Полученное с доверительной вероятностью $\gamma_c = 0,9$ по результатам испытаний в одной однородной зоне среднее значение прочности $\check{R}_z$, которое приписывают данной однородной

Е.6 Условная партия бетона.

Совокупность изделий или однородных зон конструкций, изготовленных из одной партии бетона по единому технологическому режиму и находящихся в идентичных условиях укладки и твердения бетона.

При отсутствии сведений об условиях бетонирования в условные партии могут объединяться изделия и однородные зоны конструкций, находящиеся в идентичных условиях нагружения и эксплуатации.

Е.7 Нижняя граница прочности бетона в условной партии $\check{R}_p$.

Найденное по результатам испытаний условной партии бетона значение кубиковой прочности $\check{R}_p$, обеспеченное с надежностью $Q_н = 0,95$ и риске заказчика $\alpha = 0,1$ при установленной неоднородности бетона, оцениваемой межзональным коэффициентом вариации S_p.

При приемочном контроле значение $\check{R}_p$ не должно быть ниже заданного уровня - класса бетона В или требуемой прочности $R_т$. При обследовании готовых конструкций значение $\check{R}_p$ служит для установления класса бетона, за который принимают ближайшее меньшее значение В.

Вниманию проектировщиков!

При определении нижней границы прочности бетона R_p в конструкции по результатам испытаний методом вырыва, коэффициенты условия работы $\gamma_{в1}$ и $\gamma_{в3}$ можно принимать равными единице.

gost.e-ecolog.ru