НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО НАЗНАЧЕНИЮ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С УЧЕТОМ КИНЕТИКИ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

МОСКВА–1989

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский,
проектно-конструкторский и технологический
институт бетона и железобетона
(НИИЖБ)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАЗНАЧЕНИЮ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С УЧЕТОМ КИНЕТИКИ ЕГО ТВЕРДЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

Утверждены
директором НИИЖБ
17 июня 1988 г.

МОСКВА 1989

УДК 620.I7:666.972.7:666.97.015

Печатаются по решению секции по технологии бетонов НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 24 сентября I987 г.

Рекомендации по назначению отпускной прочности сборных железобетонных изделий из тяжелого бетона с учетом кинетики его твердения в различных условиях.- М.: НИИЖБ Госстроя СССР, I989.- С.23.

Рекомендации содержат основные положения, порядок назначения и согласования нормируемой отпускной прочности бетона. Приведена методика определения минимальных значений отпускной и обеспечения нормируемой проектной прочности к заданным срокам загружения конструкции в зависимости от технологии изготовления и температурных условий твердения после тепловой обработки. Приведены коэффициенты прироста прочности ($К_{пр}$) в зависимости от марки (класса) по прочности при сжатии бетона, группы цемента, режимов тепловой обработки и температурных условий последующего твердения. Представлена методика прогнозирования прочности бетона после тепловой обработки для конкретных условий производства.

Предназначены для инженерно-технических работников заводов, проектных и научно-исследовательских организаций строительной индустрии.

Табл.4.

(С) Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский,
проектно-конструкторский и технологический
институт бетона и железобетона Госстроя СССР, I989

ПРЕДИСЛОВИЕ

Характерной особенностью производства сборного железобетона является отгрузка изделий потребителю с неполной проектной прочностью. Прочность бетона, с которой конструкция может быть выдана потребителю, является нормированной отпускной прочностью; она устанавливается стандартом или техническими условиями на конструкцию и выражается в процентах от проектной прочности (класса или марки).

Технико-экономическая эффективность сборного бетона и железобетона во многом зависит от назначенной отпускной прочности. Увеличение выше некоторой величины ее приводит к повышению расхода цемента и стоимости бетона. Связано это с тем, что бетоны после пропаривания по режимам средней продолжительности набирают л и ш ь определенную долю проектной прочности (относительная прочность), величина которой зависит от многих факторов, но в ряде случаев она меньше значения нормируемой отпускной прочности.

Поэтому всегда следует стремиться к назначению минимально возможной величины отпускной прочности бетона при обеспечении требуемой надежности конструкции на всех стадиях ее изготовления и эксплуатации. Отпускная прочность бетона определяет надежность конструкции при транспортировании, монтаже и в начальной стадии ее эксплуатации, когда величина нагрузок не достигла проектных значений. Назначаемая нормируемая отпускная прочность в зависимости от условий последующего твердения бетона должна гарантировать достижение бетоном конструкции проектной прочности в заданные сроки. Поэтому величина нормируемой отпускной прочности бетона должна назначаться с учетом технологии изготовления конструкций, их транспортирования и монтажа, а также температурно-влажностных условий последующего твердения бетона конструкции и сроков передач на них нагрузок. В связи с этим величина отпускной прочности бетона должна устанавливаться по согласованию проектировщиков, изготовителей (заводы ЖБИ) и потребителей (строителей).

В настоящих Рекомендациях рассматривается методика назначения, согласования и обеспечения отпускной прочности бетона с учетом технологии изготовления конструкций и температурных условий их последующего твердения.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн.наук, проф. Л.А.Малинина, кандидаты техн.наук Н.Н.Куприянов, М.И.Бруссер, С.А.Подмазова, инженеры М.В.Работина, Т.Б.Мишина) к ГОСТ 13015.0-83.

При внедрении новых разработок НИИЖБ оказывает научно-техническую помощь на основе хозяйственных договоров и консультативную помощь с оплатой работ по гарантийным письмам.

Адрес института: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I.I. Целью настоящих Рекомендаций является установление минимально возможной отпускной прочности бетона сборных конструкций, обеспечивающей надежную работу их при изготовлении, транспортировании и монтаже.

I.2. Рекомендации распространяются на изготовление сборных бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (ГОСТ 26633-85) на цементах общестроительного назначения, отвечающих требованиям ГОСТ I0I78-85 и ГОСТ 22266-78, и заполнителях (ГОСТ I0268-80), подвергаемых различным видам тепловой обработки при температурах до I00 ^{o}C.

I.3. Отпускная прочность бетона преднапряженных железобетонных конструкций должна быть не ниже передаточной прочности.

I.4. Передаточная прочность бетона принимается в соответствии с "Рекомендациями по назначению передаточной прочности бетона преднапряженных железобетонных конструкций" (М., НИИЖБ, I986).

I.5. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий должно осуществляться согласно СНиП 3.09.0I-85 "Производство сборных железобетонных конструкций и изделий".

I.6. Порядок назначения состава бетона п р о и з в о д я т по ГОСТ 27006-86 и указаниям "Руководства по подбору состава тяжелого бетона" (М., Стройиздат, I979).

I.7. Режимы тепловой обработки назначаются в соответствии с "Рекомендациями по тепловой обработке бетонных и железобетонных изделий" (М., Стройиздат, I974) и "Рекомендаций по тепловой обработке тяжелого бетона с учетом активности цемента при пропаривании " (М., НИИЖБ, I984).

I.8. Определение среднемесячной температуры наружного воздуха для различных климатических районов страны устанавливают по СНиП 2.0I.0I-82 "Строительная климатология и геофизика".

I.9. Снижение отпускной прочности позволяет экономить цемент от I5 до 50 кг на I м^{3} бетона (по сравнению с нормами СНиП 5.0I.23-83 "Типовые нормы расхода цемента для приготовления бетонов железобетонных изделий и конструкций"), использовать в некоторых случаях цементы низкой активности, сократить время тепловой обработки изделий.

I.I0. Наибольший эффект дает снижение отпускной прочности бе-

тона на предприятиях, работающих в едином комплексе со строительными организациями (например, ДСК), а также при применении укороченных режимов тепловой обработки (с общим циклом менее 13 ч).

2. ПОРЯДОК НАЗНАЧЕНИЯ И СОГЛАСОВАНИЯ НОРМИРУЕМОЙ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ

2.1. Величина нормируемой отпускной прочности бетона устанавливается проектной организацией-разработчиком конструкции и согласовывается с изготовителем и потребителем конструкций по ГОСТ 13015.0-83.

2.2. Функции между этими организациями распределяются следующим образом:

А. Проектные организации, осуществляющие проектирование конструкции и привязку здания или сооружения:

определяют минимально допустимую отпускную прочность бетона в соответствии с п.7.5.2 ГОСТ 13015.0-83;

назначают путем расчета по методике СНиП 2.03.01-84 "Бетонные и железобетонные конструкции" необходимую отпускную прочность бетона конструкций, исходя из условий их транспортирования и монтажа;

устанавливают по согласованию с потребителем сроки и условия загружения конструкции и проектный возраст бетона, исходя из плана организации работ по строительству зданий и сооружений;

устанавливают необходимость различной величины отпускной прочности бетона в зимний и летний периоды в зависимости от условий последующего твердения бетона и сроков загружения конструкций;

устанавливают и согласовывают с изготовителем и потребителем нормируемую отпускную прочность с учетом ограничения ее минимальной и максимальной величины.

Б. Изготовитель сборных бетонных и железобетонных конструкций:

подбирает состав бетона в соответствии с ГОСТ 27006-86, с учетом требуемой отпускной прочности бетона в производственных условиях и требуемой прочности бетона в проектном возрасте, а при отсутствии указаний о проектном возрасте - в возрасте 28 сут при его твердении после тепловой обработки в камере нормального твердения;

согласовывает с проектной организацией и потребителем нормируемую отпускную прочность.

При необходимости решения вопросов о снижении нормируемой отпускной прочности изготовитель дополнительно выполняет следующие работы:

определяет кинетику роста прочности, которая зависит от класса (марки) по прочности на сжатие, группы цемента по активности при пропаривании по ГОСТ 22236-85 и продолжительности тепловлажностной обработки;

определяет экспериментально минимальную прочность бетона, позволяющую изготовить и транспортировать конструкцию по принятой технологии и с учетом этой величины согласовывает нормируемую отпускную прочность;

информирует проектировщика и потребителя о кинетике роста прочности бетона, изготовленного по принятой технологии при последующем твердении (после достижения отпускной прочности) в нормальных условиях.

В. Потребитель:

согласовывает величину нормируемой отпускной прочности, обеспечивающую нормальную работу конструкции с учетом реальных условий строительства;

обеспечивает соблюдение условий твердения бетона в конструкциях и условий передачи нагрузок, принятых при согласовывании величины нормируемой отпускной прочности, и при необходимости дополнительно информирует об условиях транспортирования и монтажа конструкций;

согласовывает проект организации работ, привязанный к конкретным условиям возведения здания или сооружения.

2.3. Минимальное значение нормируемой отпускной прочности тяжелого бетона на сжатие следует принимать (в процентах от класса или марки бетона) по ГОСТ 13015.0-83 (п.7.5.2) не менее:

50 % - для конструкций из бетона класса В12,5 (М150) и выше;

70 % - для конструкций из бетона класса В10 (М100) и ниже.

2.4. Максимальное значение нормируемой отпускной прочности различных видов конструкций следует принимать в соответствии с обязательным приложением № 1 к ГОСТ 13015.0-83.

3. НАЗНАЧЕНИЕ НОРМИРУЕМОЙ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА КОНСТРУКЦИЙ

3.1. В зависимости от климатического района строительства нормируемое значение отпускной прочности может быть установлено различным для теплого (летнего) и холодного (зимнего) времени года. Эти значения указывают в заказе на изготовление конструкции.

3.2. За холодный период года принимают период, начиная и кончая месяцем, характеризующимся среднемесячной температурой наружного воздуха 0 ^{o}C и ниже, а за теплый период - остальное время года.

3.3. В районах со среднемесячной температурой наружного воздуха наиболее холодного месяца ниже минус 12 ^{o}C за холодный период года следует считать период, начинающийся на один месяц раньше месяца, характеризующегося среднемесячной температурой наружного воздуха 0 ^{o}C и ниже.

3.4. В районах со среднемесячной температурой наружного воздуха наиболее теплого месяца ниже плюс 10 ^{o}C за холодный период допускается принимать весь год.

3.5. С целью экономии цемента организациям, осуществляющим весь комплекс строительно-монтажных работ, включая изготовление конструкций (например, ДСК), целесообразно устанавливать для своего региона собственные значения отпускной прочности в пределах минимальных значений, предусмотренных ГОСТ 13015.0-83, и с использованием основных положений, изложенных в настоящих Рекомендациях. Определение величины отпускной прочности должно осуществляться на основе экспериментальной проверки кинетики роста прочности бетона применительно к конкретным условиям производства изделий, их транспортирования и монтажа.

4. НАЗНАЧЕНИЕ НОРМИРУЕМОЙ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ПРОЕКТНОМ ВОЗРАСТЕ 28 СУТ

4.1. Минимальный расход цемента при изготовлении сборных железобетонных конструкций с проектным возрастом 28 сут соответствует составу бетона, который после тепловой обработки имеет фактическую относительную прочность ($R^{\varphi}_{отн}$), равную или более высокую, ч е м требуемая отпускная прочность ($R^{т}_{отп}$), и в проектном возрасте име-

ет фактическую прочность ($R^{ф}_{пр\,в}$), равную или более высокую, чем прочность в проектном возрасте, т.е.

I) после тепловой обработки $R^{ф}_{отн} \geq R^{т}_{отп}$;

2) в проектном возрасте при твердении в нормальных условиях после тепловой обработки $R^{ф}_{пр\,в} \geq R^{н}_{пр\,в}$

($R_{пр\,в}$ - прочность бетона в проектном возрасте, МПа; $R^{ф}_{отн}$ - фактическая средняя прочность бетона после тепловой обработки, % от средней прочности бетона в проектном возрасте; $R^{т}_{отп}$ - требуемая средняя отпускная прочность бетона, % от средней нормируемой прочности в проектном возрасте; $R^{ф}_{пр.в}$ - фактическая средняя прочность бетона в проектном возрасте, МПа; $R^{н}_{пр\,в}$ - нормируемая средняя прочность бетона в проектном возрасте, МПа).

4.2. В табл.I даны усредненные значения достигаемой относительной прочности бетонов разных классов (марок) по прочности на сжатие в зависимости от длительности тепловой обработки при температуре 80 °С и группы цемента*, а также значения фактической прочности бетона в возрасте 28 сут нормального твердения после теплово* обработки $R^{ф}_{28}$ в зависимости от величины требуемой отпускной прочности ($R^{т}_{отп}$).

Прогнозирование прочности бетона после тепловой обработки по другим режимам, а также для конкретных составов бетона, может осуществляться расчетно-экспериментальным путем в соответствии с рекомендациями приложения 4.

Как видно из табл.I, для обеспечения 70%-ной отпускной прочности (наиболее распространенное ее значение для теплого времени года) после тепловой обработки и испытаний контрольных образцов через 4 ч после ее окончания в большинстве случаев наблюдается завышение фактической прочности в 28-суточном возрасте по отношению к нормируемой (проектной), так как состав бетона подбирается из условия обеспечения требуемой отпускной прочности.

---

* См. "Рекомендации по тепловой обработке тяжелого бетона с учетом активности цемента при пропаривании" (М., НИИЖБ, 1984).

Таблица I. Усредненные значения относительной и фактической прочности бетона в всзрасте 28 сут

Класс (марка) бетона	Цикл тепловой обработки, ч	Группа цемента по эффективности при пропаривании	$R^{ф}_{отн}$, %	$R^{ф}_{28}$, МПа, при $R^{т}_{отп}$, %			
				50	60	70	80
I	2	3	4	5	6	7	8
В15 (М200)	8-10	I	60	20	20	23,3	26,7
		II	55	20	21,8	25,5	29,1
	13-15	I	65	20	20	21,5	24,6
		II	60	20	20	23,3	26,7
		III	55	20	21,8	25,5	29,1
	18-20	I	65	20	20	21,5	24,6
		II	60	20	20	23,3	26,7
		III	55	20	21,8	25,5	29,1
В22,5 (М300)	8-10	I	65	30	30	32,3	36,9
		II	60	30	30	35	40
	13-15	I	70	30	30	30	34,3
		II	65	30	30	32,3	36,9
		III	60	30	30	35	40
	18-20	I	70	30	30	30	34,3
		II	65	30	30	32,3	36,9
		III	60	30	30	35	40
В30 (М400)	8-10	I	70	40	40	40	45,7
		II	65	40	40	43,1	49,2
	13-15	I	75	40	40	40	42,7
		II	70	40	40	40	45,7
		III	65	40	40	43,1	49,2
	18-20	I	78	40	40	40	41
		II	72	40	40	40	44,4
		III	67	40	40	41,8	47,7

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8
В40 (М500) и выше	8-I0	I	72	50	50	50	55,5
		II	67	50	50	53	60
		III	62	50	50	57	65
	I3-I5	I	77	50	50	50	52
		II	73	50	50	50	55
		III	68	50	50	5I,5	60
	I8-20	I	80	50	50	50	50
		II	76	50	50	50	53
		III	72	50	50	50	56

Величина завышения фактической прочности бетона по отношению к проектной при требуемой отпускной прочности, равной 70 %, зависит от класса (марки) бетона, группы цемента и режима тепловой обработки и составляет для бетона

В15 (М200) и ниже - от 9 до 28 %;
В22,5 (М300) - от 0 до I6 %;
В30 (М400) - от 0 до 8 %;
В40 (М500) и выше - не требуется.

4.3. Величина завышения фактической прочности по отношению к нормируемой проектной возрастает при укорочении режимов тепловой обработки, применении цементов низкой эффективности при пропаривании, уменьшении класса (проектной марки) бетона и при производстве предварительно напряженных железобетонных изделий с отпуском натяжения арматуры на горячий бетон.

4.4. Ориентировочная величина фактической средней прочности бетона в возрасте 28 сут, которая получается при условии подбора состава бетона, обеспечивающего требуемую отпускную прочность в условиях конкретного производства, определяется по формуле (I):

$$R^{ф}_{пр\,в} = \frac{R^{т}_{отп}}{R^{ф}_{отн}} \cdot R^{т}_{пр\,в} \quad . \qquad (I)$$

4.5. Прогнозирование прочности пропаренного бетона в возрасте 28 сут может осуществляться по коэффициенту прироста прочности бетона ($К_{пр}$):

$$К_{пр} = \frac{R^{ф}_{пр\,в}}{R^{ф}_{прол}} \quad ,$$

где $К_{пр}$ – отношение прочности пропаренного бетона в проектном возрасте ($R^{ф}_{пр\,в}$, МПа) при хранении контрольных образцов в естественных климатических условиях к фактической прочности бетона после тепловой обработки (в сроки определения отпускной прочности ($R^{ф}_{прол}$, МПа); $К_{пр}$ определяется экспериментально заводской лабораторией для конкретных условий производства.

Коэффициент прироста прочности бетона зависит от величины относительной прочности бетона после тепловой обработки и температурно-влажностных условий последующего твердения.

4.6. Усредненные значения коэффициента прироста прочности бетона за 28 сут последующего твердения в естественных условиях при различной температуре наружного воздуха и относительной прочности бетона после тепловой обработки приведены в табл.2.

Таблица 2. Усредненные значения коэффициента прироста прочности бетона

$R^{ф}_{отп}$, %	$К_{пр}$ бетона, твердевшего 28 сут					
	в камере нормального хранения	в естественных климатических условиях при различной температуре и относительной влажности воздуха				
		5...25 °С $\varphi \geq 50$ %	≥25 °С $\varphi \leq 50$%	+5...-5 °С	-6...-10 °С	-11 °С и ниже
50	2,0	1,95	1,75	1,8	1,4	1,3
55	1,8	1,75	1,60	1,65	1,32	1,22
60	1,67	1,62	1,45	1,50	1,22	1,16
65	1,54	1,50	1,35	1,40	1,20	1,14
70	1,43	1,35	1,25	1,31	1,18	1,12
75	1,33	1,30	1,20	1,25	1,18	1,10
80	1,25	1,22	1,15	1,20	1,14	1,08

4.7. Минимальное значение отпускной прочности бетона ($R^{мин}_{отп}$), МПа, обеспечивающее достижение средней нормируемой прочности в различных климатических условиях определяется по формуле (2):

$$R^{мин}_{отп} = \frac{R^{н}_{28}}{К_{пр}} \quad . \qquad (2)$$

4.8. Если требуемое значение $R^{мин}_{отп}$ превышает относительную прочность бетона, достигаемую после пропаривания, величина фактической прочности ($R^{ф}_{28}$ или $R^{ф}_{пр\,в}$), которая будет получена при последующем его твердении в различных температурно-влажностных

условиях, определяемых в соответствии со СНиП 2.01.01-82 для конкретного района и времени года, может быть определена по формулам (3):

$$R^{ф}_{28} = \frac{R^{н}_{28}}{K_{пр} \cdot R^{ф}_{отп}} \cdot 100; \qquad R^{ф}_{пр.в} = \frac{R^{ф}_{пр.в}}{K_{пр}\ R^{ф}_{отн}} \cdot 100 \ . \qquad (3)$$

4.9. Ориентировочные значения минимальной отпускной прочности и фактической прочности бетона в зависимости от температуры и относительной прочности при твердении приведены в приложениях I и 2.

5. НАЗНАЧЕНИЕ НОРМИРУЕМОЙ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ПРОЕКТНОМ ВОЗРАСТЕ, ПРЕВЫШАЮЩЕМ 28 СУТ

5.I. В зависимости от темпов строительства зданий и сооружений конструкции могут быть нагружены полной нагрузкой, соответствующей классу (марке) бетона по прочности на сжатие в возрасте, превышающем 28 сут.

5.2. При проектном возрасте более 28 сут следует учитывать последующий прирост прочности бетона с целью экономии цемента. Это может быть достигнуто для бетонов всех марок и классов при значениях нормируемой отпускной прочности до 70 %. В этом случае при подборе состава бетона расход цемента определяется, исходя из обеспечения нормируемой прочности бетона в проектном возрасте.

5.3. Усредненные коэффициенты прироста прочности бетона в возрасте до 6 мес по отношению к прочности бетона, полученной после пропаривания по стандартному режиму (2+3+6+2 = I3 ч) для теплого и холодного периода года, приведены в табл.3.

Таблица 3. Коэффициент прироста прочности бетона

Класс (марка) бетона	$R^{ф}_{отн}$, %	Коэффициент прироста прочности бетона ($К_{пр}$) при твердении в течение					
		28 сут	3 мес	6 мес	28 сут	3 мес	6 мес
		теплый период			холодный период		
BI5 (M200)	60±5	I,6	I,92	2,0	I,35	I,5I	I,55
B22,5(M300)	65±5	I,5	I,77	I,84	I,3	I,43	I,46
B30 (M400)	70±5	I,4	I,6I	I,68	I,25	I,35	I,38
B40 (M500)	75±5	I,3	I,43	I,53	I,22	I,29	I,32

Примечание. $К_{пр}$ рассчитан по отношению к прочности бетона, определенной через 4 ч после окончания тепловой обработки.

5.4. При подборе состава бетона за проектный возраст принимается 28 сут с последующим твердением контрольных образцов согласно ГОСТ 18105-86. Используя последующий прирост прочности после 28-суточного возраста, принимаем проектную марку бетона в возрасте 3 или 6 мес. При этом прочность бетона в возрасте 28 сут соответственно уменьшается на величину коэффициента $К_м$, представляющего собой отношение прочности бетона в 28-суточном возрасте к прочности в возрасте 3 или 6 мес. Ориентировочное значение коэффициента $К_м$ представлено в табл.4. В каждом конкретном случае значение этого коэффициента должно быть уточнено.

Таблица 4. Множительный коэффициент, понижающий проектную марку бетона при проектном возрасте более 28 сут

Класс (марка) бетона	$К_м$ для бетона при твердении в течение			
	3 мес	6 мес	3 мес	6 мес
	теплый период		холодный период	
В15 (М200)	0,83	0,8	0,89	0,87
В22,5 (М300)	0,85	0,81	0,91	0,89
В30 (М400)	0,87	0,83	0,93	0,91
В40 (М500)	0,90	0,85	0,94	0,93

5.5. Минимальные значения отпускной прочности $R_{отп}^{мин}$, рассчитанные в соответствии с п.4.9 и обеспечивающие достижение требуемой прочности в проектные сроки, превышающие 28 сут, приведены в приложении 3.

Приложение I

МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕМ ЕГО ТВЕРДЕНИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПОСЛЕ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

$R^{ф}_{отн}$, %	$R^{мин}_{отп}$, % бетона, твердевшего 28 сут					
	в камерах нормального хранения	в естественных климатических условиях при различной температуре и относительной влажности воздуха				
		5...25 °С $\varphi \geq 50$ %	≥ 25°С $\varphi \leq 50$%	+5...-5 °С	-6...-I0°С	-II°С и ниже
50	50	52	57	55	7I	77
55	55	59	63	6I	76	82
60	60	65	70	67	82	86
65	65	67	74	7I	83	88
70	70	74	80	76	85	89
75	75	77	83	80	86	9I
80	80	82	87	83	88	93

ФАКТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ДОСТИЖЕНИЕ $R^{мин}_{отп}$ ПРИ ПОСЛЕДУЮЩЕМ ХРАНЕНИИ В ТЕЧЕНИЕ 28 СУТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Класс (марка) бетона	$R^{ф}_{отн}$, %	$R^{ф}_{28}$, МПа (перед чертой), $R^{мин}_{отп}$, %(после черты), при твердении в камере нормального хранения	$R^{ф}_{28}$, МПа (перед чертой), $R^{мин}_{отп}$, % (после черты), при твердении в естественных климатических условиях при различной температуре и относительной влажности воздуха				
			5...25 °С $\varphi \geq 50$ %	≥ 25 °С $\varphi \leq 50$%	+5...-5°С	-6...-I0°С	-II °С и ниже
I	2	3	4	5	6	7	8
	50	20,0/50	20,8/52	22,8/57	22,0/55	28,4/7I	30,8/77
BI5	55	20,0/55	2I,6/59	22,9/63	22,2/6I	27,6/76	29,8/82
(M200)	60	20,0/60	2I,6/65	23,3/70	22,3/67	27,3/82	28,7/86
	65	20,0/65	20,6/67	27,7/74	2I,8/7I	25,5/83	27,I/88
	50	30,0/50	3I,2/52	34,2/57	33,0/55	42,6/7I	46,2/77
B22,5	55	30,0/55	32,0/59	34,4/63	33,3/6I	4I,5/76	44,7/82
(M300)	60	30,0/60	32,5/65	35,0/70	33,5/67	4I,0/82	43,0/86
	65	30,0/65	30,8/67	34,2/74	32,8/7I	38,3/83	40,6/88
	70	30,0/70	3I,8/74	34,3/80	32,6/76	36,4/85	38,I/89
	75	30,0/75	30,8/77	33,2/87	33,2/80	34,4/86	36,4/9I

Продолжение прил.2

I	2	3	4	5	6	7	8
B30 (M400)	50	40,0/50	4I,7/52	45,6/57	44,0/55	56,8/7I	6I,6/77
	55	40,0/55	43,0/59	45,8/63	44,4/6I	52,3/76	64,I/82
	60	40,0/60	43,5/65	46,7/70	44,7/67	54,7/82	57,3/86
	65	40,0/65	4I,5/67	45,5/74	43,7/7I	5I,I/83	54,2/88
	70	40,0/70	42,5/74	45,7/80	43,4/76	48,6/85	50,9/89
	75	40,0/75	4I,0/77	44,3/83	45,7/80	45,9/86	48,5/9I
	80	40,0/80	4I,0/82	43,5/87	4I,5/83	44,0/88	46,5/93
B40 (M500)	50	50,0/50	52,0/52	56,0/57	55,0/55	7I,0/7I	77,0/77
	55	50,0/55	54,0/59	57,3/63	55,5/6I	69,I/76	74,5/82
	60	50,0/60	54,5/65	58,3/70	55,8/67	68,3/82	7I,7/86
	65	50,0/65	5I,5/67	56,9/74	54,6/7I	63,8/83	67,7/88
	70	50,0/70	53,0/74	57,I/80	54,3/76	60,7/85	63,6/89
	75	50,0/75	5I,5/77	55,3/83	53,3/80	57,3/86	60,7/9I
	80	50,0/80	5I,5/82	54,4/87	5I,9/83	55,0/88	58,I/93

Приложение 3

МИНИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ОТПУСКНОЙ ПРОЧНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЕ НОРМИРУЕМОЙ ПРОЕКТНОЙ ПРОЧНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА БЕТОНА И УСЛОВИЙ ТВЕРДЕНИЯ

Класс (марка) бетона	$R^{ф}_{отн}$, %	Возраст бетона	$R^{мин}_{отп}$ *, %	$R^{ф}$, МПа	$R^{мин}_{отп}$ *, %	$R^{ф}$, МПа
			теплый период		холодный период	
В15 (М200)	60±5	28 сут	12,5/63	20,8	14,8/74	24,7
		3 мес	10,4/52	17,4	13,2/66	21,9
		6 мес	10,0/50	16,7	12,9/65	21,5
В22,5 (М300)	65±5	28 сут	20,0/67	30,8	23,0/77	35,5
		3 мес	16,9/56	26,0	21,0/70	32,3
		6 мес	16,3/54	25,1	20,5/68	31,5
В30 (М400)	70±5	28 сут	28,6/72	40,8	32,0/80	45,7
		3 мес	24,8/62	35,4	29,6/74	42,3
		6 мес	23,8/60	34,0	29,0/72	41,4
В40 (М500)	75±5	28 сут	38,5/77	51,3	41,0/82	54,6
		3 мес	35,0/70	46,7	38,6/78	51,7
		6 мес	30,6/61	43,5	37,9/76	50,5

* Перед чертой - значения в МПа, после черты - в %.

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ (ТВО)

I. Методика позволяет оперативно расчетно-экспериментальным путем получать широкую информацию о значениях прочности бетона после различных режимов ТВО, а также выбирать оптимальные режимы по расходу тепловой энергии, оборачиваемости форм и камер для конкретного производства при обеспечении требуемого уровня отпускной прочности бетона.

2. Методика распространяется на тяжелые и мелкозернистые бетоны, изготовленные на портландцементах по ГОСТ I0I78-85 и прошедшие ТВО при температурах 40-85 °С.

3. Исходными данными для расчетов служат значения прочности исследуемого бетона R_1 и R_2, полученные экспериментально после ТВО по двум режимам, например: режим I - с длительностью изотермического выдерживания 6 ч при температуре 50 °С и режим 2 - с длительностью изотермического выдерживания I2 ч при температуре 80 °С.

Длительность предварительного выдерживания, скорость подъема и снижения температуры должны назначаться в соответствии с указаниями СНиП 3.09.0I-85.

4. Расчетная прочность бетона (R) после любого произвольно заданного режима определяется по формуле

$$R=\frac{(R_2-R_1)\,lg(F\cdot N)-R_2\,lg(F_1\cdot N_1)+R_1\,lg(F_2N_2)}{lg(F_2N_2)-lg(F_1N_1)}\quad,\qquad(1)$$

где F - текущее значение температурной функции, $^{\circ}C^2$.ч [см. формулу (2)]; N - текущее значение регулирующего коэффициента [см. формулу (3)]; F_1, F_2 - значения температурной функции для экспериментальных режимов I и 2.

$$F=\int_0^{\tau}(T+10)^2\,d\tau\quad,\qquad(2)$$

где T - температура среды, °С; τ - время твердения, ч.

$$N=(T_u+10)^{\frac{K_n}{\tau_э\left[1+\left(\frac{F}{60\,900}-1\right)^2\right]}}\quad,\qquad(3)$$

где T_u - температура изотермического выдерживания, °С; K_n - коэффициент эффективности цемента при пропаривании;

$\tau_э = \frac{F}{(T_u + 10)^2}$ – эквивалентное время твердения бетона при температуре T_u, ч.

Формула (I) справедлива для всех режимов ТВО, отвечающих условию:

$$F \leq 158500\ ^{o}C^2.ч; \qquad \tau_э > 4\ ч.$$

5. Пример:

Требуется установить зависимость прочности после ТВО бетона класса В20 (М250) на цементе Воскресенского завода ($К_п = 0,7$) от температурно-временных параметров процесса ТВО. Для этого:

а) экспериментально определяем значения прочности данного бетона после режима I (2+I,5+6+I ч при $t = 50\ ^{o}C$) и режима 2 (2+3+I2+2 ч при $t = 80\ ^{o}C$): $R_1 = 9,3$ МПа; $R_2 = 17,8$ МПа;

б) рассчитываем значения температурных функций F_1 и F_2, эквивалентного времени твердения $\tau_{э1}$ и $\tau_{э2}$, регулирующих коэффициентов N_1 и N_2 для экспериментальных режимов I и 2

$$F_1 = 30^2.2 + \frac{20^2.1,5^3}{3} + 30^2.1,5 + 60^2.6 + \frac{30^2.1^3}{3} + 30^2.1 =$$

$$= 26400\ ^{o}C^2.ч;$$

$$F_2 = 30^2.2 + \frac{20^2.3^3}{3} + 30^2.3 + 90^2.12 + \frac{30^2.2^3}{3} + 30^2.2 =$$

$$= 109500\ ^{o}C^2.ч;$$

$$\tau_{э1} = \frac{26400}{3600} = 7,33\ ч;$$

$$\tau_{э2} = \frac{109500}{8100} = 13,52\ ч;$$

$$N_1 = 60^{\frac{0,7}{7,33.\left[1 + (\frac{26400}{60900} - 1)^2\right]}} = 1,345;$$

$$N_2 = 90^{\frac{0,7}{13,52.\left[1 + (\frac{109500}{60900} - 1)^2\right]}} = 1,153;$$

в) составляем формулу для расчета прочности данного бетона после различных режимов ТВО:

$$R = \frac{(17{,}8-9{,}3)\,lg\,(F\cdot N)-17{,}8\,lg\,(26400.1{,}345)+9{,}3\,lg\,(109500.1{,}153)}{lg\,(109500.1{,}153)\;-\;lg\,(26400.1{,}345)} =$$

$$= \frac{8{,}5\;lg\;(FN)\;-\;33{,}55}{0{,}55}\;.$$

Полученное уравнение позволит определить прочность бетона после любого произвольно заданного режима ТВО.

Например, необходимо рассчитать значение прочности данного бетона R_x после режима

$$2+2{,}25+18+1{,}5\ \text{ч} \quad \text{при} \quad t = 65\ ^{\circ}\text{C}.$$

Для этого определяем значения F_x, $\tau_{эх}$ и N_x для требуемого режима

$$F_x = 30^2.2 + \frac{20^2.2{,}25^3}{3} + 30^2.2{,}25 + 75^2.18 + \frac{30^2.1{,}5^3}{3} +$$

$$+ 30^2.1{,}5 = 108957\ ^{\circ}C^2.\text{ч}\ ;$$

$$\tau_{эх} = \frac{108957}{5625} = 19{,}37\ \text{ч}\ ;$$

$$N_x = 75 \qquad \frac{0{,}7}{19{,}37.\left[1 + \left(\frac{108957}{60900} - 1\right)^2\right]} = 1{,}101.$$

Рассчитываем значение искомой прочности:

$$R_x = \frac{8{,}5.\,lg\,(108957.1{,}101) - 33{,}55}{0{,}55} = 17{,}5\ \text{МПа}.$$

Экспериментальная проверка данного режима показала, что прочность бетона составила 17,7 МПа.

Приложение 5

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$R^{т}_{отп}$ – требуемая отпускная прочность, %;

$R^{мин}_{отп}$ – минимальное значение отпускной прочности, МПа;

$R^{ф}_{отн}$ – фактическая относительная прочность (% от средней прочности бетонов в проектном возрасте 28 сут), %;

$R^{ф}_{проп}$ – фактическая прочность пропаренного бетона, МПа;

$R^{н}_{28}$ – средняя нормируемая прочность бетона в возрасте 28 сут, МПа;

$R^{ф}_{28}$ – фактическая прочность бетонов в возрасте 28 сут, МПа;

$R^{н}_{пр\,в}$ – нормируемая средняя прочность бетона в проектном возрасте, МПа;

$R_{пр\,в}$ – прочность бетона в проектном возрасте, МПа;

$R^{ф}_{пр\,в}$ – фактическая средняя прочность бетонов в проектном возрасте, МПа;

$К_{пр}$ – коэффициент прироста прочности бетона;

$К_{м}$ – множительный коэффициент.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
I. Общие положения и область применения 5
2. Порядок назначения и согласования нормируемой отпускной прочности 6
3. Назначение нормируемой отпускной прочности бетона в зависимости от температурных условий последующего твердения бетона конструкций 8
4. Назначение нормируемой отпускной прочности бетона при проектном возрасте 28 сут 8
5. Назначение нормируемой отпускной прочности бетона при проектном возрасте, превышающем 28 сут I3
Приложение I. Минимальные значения отпускной прочности бетона при последующем его твердении при различных температурах в зависимости от относительной прочности бетона после тепловой обработки I5
Приложение 2. Фактическая прочность бетона, обеспечивающая достижение $R_{отп}^{мин}$ при последующем хранении в течение 28 сут при различных температурах I6
Приложение 3. Минимальные значения отпускной прочности, обеспечивающие достижение нормируемой проектной прочности в зависимости от возраста бетона и условий твердения I8
Приложение 4. Методика прогнозирования прочности бетона после различных режимов тепловлажностной обработки (ТВО) I9
Приложение 5. Основные буквенные обозначения 22

Рекомендации по назначению отпускной прочности сборных железобетонных изделий из тяжелого бетона с учетом кинетики его твердения в различных условиях

Научный редактор И.М.Дробященко

109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Н.А.Романова

Подписано в печать 25.12.88. Заказ № 30

Формат 60х84/16. Ротапринт. Усл.кр.-отт. 1,5.

Уч.-изд.л. 1,5. Тираж 300 экз.

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР

121471, Москва, Можайское шоссе, д.25

gost.e-ecolog.ru