МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ
·ВНИИСТ·

РУКОВОДСТВО

ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ КОНТРОЛЮ И РЕГУЛИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОННЫХ РАБОТ

Р 254-76

МОСКВА-1977

gost.e-ecolog.ru

УДК 69.055.5

Настоящее Руководство содержит основные положения по статистическому контролю и регулированию качества бетонных работ при изготовлении конструкций из монолитного бетона в условиях строительных площадок Миннефтегазстроя; по методике обследования объекта строительства и статистическому анализу полученных при этом результатов; по системе статистического контроля и регулирования качества монолитного бетона (его прочности, надежности) с учетом неоднородности свойств сырьевых материалов и бетонной смеси.

Руководство предназначено для инженерно-технических работников строительных организаций, центральных строительных и заводских лабораторий Миннефтегазстроя, а также для сотрудников научно-исследовательских, проектных и других организаций отрасли.

Руководство разработано канд.техн.наук Э.Д.Брейтман (ВНИИСТ) и канд.техн.наук В.А. Дорфом (Оргэнерго - строй Министерства энергетики и электрификации).

Замечания и предложения направлять по адресу: Москва, 105058, Окружной проезд, д.19, ВНИИСТ.

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1977

ВНИИСТ	Руководство по статистическому контролю и регулированию качества строительства при производстве бетонных работ	Р 254-76

ВВЕДЕНИЕ

Успешное выполнение объемов строительства газонефтепромысловых объектов и сооружений в значительной мере зависит от качества выполнения строительно-монтажных работ. Одна из важнейших задач при производстве строительно-монтажных работ - повышение качества бетонных работ и доведение их до уровня отечественных и зарубежных стандартов.

В настоящее время в системе Миннефтегазстроя на заводах товарного бетона и стройплощадках приняты нестатистические методы контроля качества бетона и бетонной смеси. В большинстве случаев нормы отбора проб, методы обработки получаемых при контроле результатов и их оценка являются недостаточно научно-обоснованными, что вызывает снижение качества бетона и повышение стоимости производства работ.

Цель разработки данного Руководства - совершенствование контроля и обеспечение качества изделий из монолитного бетона. Руководство составлено применительно к наиболее массовым видам отраслевой номенклатуры монолитных бетонных и железобетонных конструкций и изделий: фундаментам, дорожным покрытиям, подготовкам под полы и др.

Отдельные элементы методики статистического контроля прочности бетона содержатся в разработанном НИИЖБом, ВНИИЖелезобетоном и Оргэнергостроем "Руководстве по статистическим

Внесено ВНИИСТом (ЖСМ)	Утверждено ВНИИСТом 18 ноября 1976 г.	Разработано впервые

методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ 18105-72". Указанное Руководство ориентировано только на контроль прочности бетона при сжатии и не затрагивает вопросов статистического контроля других характеристик: подвижности бетонной смеси, свойств материалов и т.п.

Из-за специфики строительных объектов Миннефтегазстроя - их территориальной удаленности, разрозненности и затрудни - тельности транспортного обслуживания - качество материалов, используемых для производства монолитного бетона, часто не удовлетворяет требованиям существующих ГОСТов и ТУ, что, по многочисленным литературным данным, может увеличить более чем на 50% дисперсию водосодержания и прочности бетона.

Ряд исследований в этом направлении выполнен Оргэнергостроем и ОИСМ БратскГЭСстроя. Однако для разработки данного Руководства было необходимо систематизировать имеющиеся данные и провести дополнительные исследования. При этом из огромного количества показателей, влияющих на прочность бетона и подвижность бетонной смеси, методом математической статистики были выбраны наиболее значительные факторы, контроль которых необходим в первую очередь и с наибольшей частотой.

Рекомендации, изложенные в Руководстве, были опробованы в производственных условиях при строительстве автодороги площадка Володарская - село Зеленое (объект треста Центргазпромстрой).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящее Руководство разработано с целью повышения качества бетона, выпускаемого заводами товарного бетона и бетоносмесительными установками и применяемого для изготовления монолитных конструкций на строительных площадках.

I.2. Руководство распространяется на проведение входного контроля качества сырьевых материалов (цемента, песка, щебня), технологического контроля качества бетонной смеси и приемочного контроля качества бетона в конструкции.

I.3. Руководство предусматривает проведение статистического контроля качества монолитного бетона при обязательном соблюдении всех требований действующих стандартов на материалы, бетонную смесь и затвердевший бетон, методы их испытания и контроля.

I.4. Статистический контроль и регулирование прочности бетона и подвижности бетонной смеси производят в соответствии с ГОСТ I8I05-72 "Бетоны. Контроль и оценка однородности и прочности" и "Руководством по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ I8I05-72", а также основных положений, содержащихся в данном Руководстве.

I.5. Статистический контроль качества цемента и заполнителей, а также контроль и регулирование прочности бетона и подвижности бетонной смеси базируются на нормальном законе распределения контролируемых величин.

I.6. Контроль прочности бетона и подвижности бетонной смеси проводят по схеме с известным коэффициентом вариации, установленным за предыдущий анализируемый период.

I.7. Применение нестатистического метода для контроля и оценки прочности бетона и подвижности бетонной смеси допускается при бетонировании отдельных монолитных конструкций, когда небольшие объемы производства бетона не позволяют получить в установленные сроки необходимое для статистического контроля количество серий контрольных образцов.

2. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТА

2.I. Перед внедрением статистического контроля качества бетона на контролируемом объекте (стройплощадке) необходимо провести обследование качества бетона, бетонной смеси, цемента и заполнителей, а также существующих технологических режимов и оборудования для приготовления бетона.

2.2. Обследование объекта должна производить обслуживающая его лаборатория совместно с соответствующими подразделениями центральной строительной лаборатории треста (управления) и Оргтехстроя.

2.3. Подготовка лаборатории строительного объекта к внедрению статистического контроля включает обучение персонала лаборатории и тщательную проверку лабораторного оборудования.

2.4. Проверка лабораторного оборудования состоит из:

проверки состояния форм для контрольных образцов;

проверки режима работы лабораторной виброплощадки и качества уплотнения бетона в образцах;

проверки состояния измерительных инструментов и приборов;

метрологической проверки работ прессов и проверки правильности испытаний образцов на прочность при сжатии;

проверки режима работы камеры нормального твердения образцов, правильности работы термометра и психрометра.

2.5. Результаты обследования следует заносить в "Ведомость обследования технологического процесса", рекомендуемая форма которой представлена в прил.I.

2.6. При обследовании качества бетонных работ по материалам журналов лабораторного контроля за последние 3-6 месяцев следует собрать не менее 30-50 результатов контроля качества бетона, бетонной смеси и материалов для 2-3 составов, различающихся подвижностью, маркой и видом используемых материалов.

При отсутствии в лабораторных журналах нужного количества и номенклатуры данных следует дополнительно провести необходимые испытания.

Рекомендуется во всех случаях проводить 20-30 таких испытаний в течение I-2 недель равномерно по времени.

2.7. Ориентировочная номенклатура контролируемых характеристик должна быть следующей:

для бетона - прочность при сжатии в период достижения марочной прочности (например, в возрасте 28 сут) и в промежуточный срок (например, в возрасте 7 сут или после тепловой обработки);

для бетонной смеси - подвижность в момент отгрузки смеси с бетонного завода и в момент укладки ее в конструкцию (при расстоянии от завода-изготовителя до объекта не менее 20 км). При расстоянии от завода-изготовителя до объекта менее 20 км достаточно определять подвижность бетонной смеси только в момент отгрузки ее с бетонного завода;

для цемента - сроки схватывания, нормальная густота, удельная поверхность и активность (по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 310-60 или по ускоренной методике по данным испытаний в бетоне ,см.прил.4);

для песка - влажность, объемная масса, модуль крупности, пустотность, содержание пылевидных и глинистых частиц, определенное отмучиванием;

для щебня - влажность, объемная масса, пустотность, расчетная удельная поверхность, содержание пылевидных и глинистых частиц ,определенное отмучиванием .

2.8. Номенклатуру контролируемых характеристик следует уточнять применительно к конкретным особенностям производства.

2.9. Результаты обследования качества бетона рекомендуется заносить в "Ведомость контроля качества" по форме, приведенной в прил.2.

2.10. Пробы цемента и заполнителей следует отбирать непосредственно из дозаторов по возможности от партии, идущей на приготовление замесов, из которых отбирают пробы бетонной смеси для контроля подвижности и изготавливают образцы для определения прочности при сжатии.

2.11. Интегральной оценкой качества приготовления и испытания контрольных образцов бетона служит величина коэффициента вариации прочности образцов-близнецов. Поэтому для каждого состава необходимо рассчитать средний внутрисерийный коэффициент вариации V_c по формуле:

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^{T} W_{c_i}}{T\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^{T} \left(R^{\phi}_{max.i} - R^{\phi}_{min.i} \right)}{T\bar{R}}, \qquad (I)$$

где $R^{\phi}_{max.i}$ и $R^{\phi}_{min.i}$ - максимальное и минимальное значения прочности образцов в одной серии;

T - количество серий образцов;

W_{c_i} - размах прочности в серии;

$\bar{R}$ - средняя прочность бетона по всем Т сериям образцов;

α – коэффициент, равный I,69 для трех образцов в серии и I,I3 – для двух образцов в серии (по табл.7 "Руководства по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ I8I05–72". М., Стройиздат, I974).

2.I2. При анализе внутрисерийной вариации необходимо руководствоваться следующими указаниями:

рассчитывать V_c следует для значения прочности в одном и том же возрасте;

если для одного из образцов серии в журнале отсутствует результат определения прочности, то такую серию при расчете не учитывают;

если есть подозрение, что в серии из трех образцов один из результатов выпадает, то это следует проверить по ГОСТ I0I80–74 и при отбрасывании подозрительного результата данную серию не включать в таблицу.

2.I3. Если средний внутрисерийный коэффициент вариации V_c не превышает 5%, то качество изготовления и испытания контрольных образцов признается удовлетворительным. При $V_c > 5\%$ следует установить причины его повышения и устранить их.

Высокий коэффициент вариации прочности образцов-близнецов может быть следствием некачественного изготовления и испытания контрольных образцов или дефектов в работе основного технологического оборудования.

Для определения, какая из упомянутых причин привела к повышению вариации, следует изготовить и испытать образцы-близнецы из нескольких лабораторных замесов (трех-четырех). Из каждого замеса изготовляют по шесть образцов. Испытания образцов допускается проводить как после естественного твердения, так и после термообработки. Для каждой группы образцов из одного замеса вычисляют коэффициенты вариации, по которым определяют средний внутризамесный коэффициент вариации для лабораторных условий $V_{лаб}$.

Если $V_{лаб} < 5\%$, то причину высокой производственной внутрисерийной вариации V_c следует искать в дефектах работы основного технологического оборудования.

Если $V_{лаб} > 5\%$, то необходимо более тщательно проверить состояние лабораторного оборудования и методику приготовления и испытания образцов.

3. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ

3.1. Целью статистического анализа результатов обследования является:

оценка качества бетона и его составляющих;

выявление факторов, в наибольшей степени влияющих на прочность бетона и подвижность бетонной смеси;

определение вариации качества бетона, бетонной смеси, цемента и заполнителей и динамики изменения этих показателей;

разработка на основе проведенного анализа рекомендаций по номенклатуре контролируемых факторов, частоте и способам их контроля.

3.2. По каждому контролируемому показателю качества необходимо вычислять следующие основные статистические характеристики:

среднеарифметическое значение $\bar{x}$;
дисперсию S^2 ;
среднеквадратическое отклонение S ;
коэффициент вариации V.

Основные статистические характеристики качества бетона рассчитывают по следующим формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i}{N} ; \qquad (2)$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2}{N-1} ; \qquad (3)$$

$$S = \sqrt{S^2} ; \qquad (4)$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\ \% , \qquad (5)$$

где x_i – любой единичный результат определения контролируемого показателя;

N – число результатов измерений.

3.3. По каждому контролируемому фактору необходимо также рассчитывать таблицу частот и строить гистограммы распределения прочности бетона (табл.I). При построении таблицы частот рекомендуется разбивать весь диапазон значений на пять–семь интервалов.

Таблица I

Показатели	Интервал прочности, кгс/см^2						
	195–205	206–215	216–225	226–235	236–245	246–255	256–265
Середина интервала x_i, кгс/см^2	200	210	220	230	240	250	260
Число случаев m_i	3	8	25	37	39	20	12
Гистограмма[x]	X	XX	XXXXX	XXXXXXX	XXXXXXX	XXXX	XX

[x] Примечание. Каждый крестик соответствует (округленно) пяти случаям.

3.4. Помимо статистических характеристик, указанных в п.3.2, рекомендуется дополнительно (факультативно) вычислять показатели асимметрии A и эксцесса E и проверять по их величинам соответствие экспериментальных данных закону нормального распределения.

Показатели асимметрии и эксцесса вычисляют по формулам:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{K} m_i (x_i - \bar{x})^3}{N S^3}; \qquad (6)$$

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{K} m_i (x_i - \bar{x})^4}{N S^4} - 3; \qquad (7)$$

$$N = \sum_{i=1}^{K} m_i; \qquad (8)$$

$$S_A = \sqrt{\frac{6}{n}} \; ; \qquad (9)$$

$$S_E = 2\,S_A \; , \qquad (10)$$

где k – число интервалов;

m_i – число результатов в каждом интервале;

x_i – середина интервала;

S_A – среднеквадратическое отклонение при асимметрии;

S_E – то же при эксцессе.

При $A/S_A \leq 1{,}5$ и $E/S_E \leq 1{,}5$ распределение считается нормальным (при доверительной вероятности 95%), а при $A/S_A \geq 2$ и $E/S_E \geq 2$ – ненормальным.

В промежуточных случаях для установления нормальности требуется дополнительная проверка по другим критериям.

3.5. Для всех факторов, имеющих коэффициент вариации $V_c \geq 5\%$, следует проверять наличие взаимосвязи этого фактора с прочностью бетона или подвижностью бетонной смеси. Для этой цели следует аналитически или графически найти линейную зависимость вида:

$$y = Ax + B \; , \qquad (11)$$

где y – прочность бетона или подвижность бетонной смеси;

A – коэффициент регрессии;

x – исследуемый фактор;

B – свободный член.

Для расчета коэффициентов A и B по упрощенному способу допускается использование метода равных площадей, сущность которого изложена ниже.

Первоначально вычисляются вспомогательные суммы:

C_1 – сумма x по первой половине результатов (все результаты располагают по степени возрастания x, причем число опытов N должно быть четным);

C_2 – сумма y по тем же опытам;

C_3 – сумма x по оставшимся опытам;

C_4 – сумма y по оставшимся опытам.

$$A = \frac{C_4 - C_2}{C_3 - C_1} \quad ; \qquad (12)$$

$$B = \frac{2}{N} \quad (C_2 - AC_1) \; . \qquad (13)$$

Уравнение (II) считается существенным, если в диапазоне изменения фактора x предсказываемое уравнением изменение y составляет не менее I0 кгс/см^2 по прочности при сжатии и 2 см по осадке конуса.

3.6. Частоту контроля факторов следует выбирать в зависимости от степени влияния фактора и динамики его изменения во времени. Наиболее сильно влияющие факторы должны контролироваться с максимально возможной частотой. Частота контроля может быть снижена в два раза по сравнению с принятой при обследовании, если коэффициент автокорреляции r_{xx}, вычисляемый по формуле (I4), для сдвига, равного единице (т.е. в двух последовательных опытах), превышает критические значения, приведенные в табл.2, для 5-процентного уровня значимости.

$$r_{xx} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{NS^2} \; . \qquad (14)$$

Таблица 2

Коэффициент автокорреляции	Критические значения коэффициента автокорреляции при числе опытов:								
	20	30	40	50	60	70	80	90	I00
$r_{xx}>0$	0,30	0,26	0,23	0,2I	0,I9	0,I8	0,I7	0,I6	0,I5
$r_{xx}<0$	-0,43	-0,40	-0,38	-0,34	-0,3I	-0,29	-0,27	-0,26	-0,24

Коэффициент автокорреляции превышает критические значения в тех случаях, когда его значения, полученные в результате эксперимента, при $r_{xx}>0$ больше, а при $r_{xx}<0$ меньше, чем те, которые приведены в табл.2.

4. СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПРИЕМОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

4.1. Приемочный статистический контроль прочности бетона следует проводить по ГОСТ 18105–72 "Бетоны. Контроль и оценка однородности и прочности".

4.2. Контроль прочности следует проводить для каждого номинального состава бетона (технологического комплекса). К одному номинальному составу допускается относить бетоны одной марки при различной крупности заполнителей и подвижности бетонной смеси при колебаниях расхода заполнителей $\pm 10\%$.

4.3. Продолжительность анализируемого периода должна быть два месяца, а контролируемого – один месяц.

4.4. В качестве партии бетона рекомендуется принимать недельное производство бетона данного номинального состава.

4.5. Отбор проб бетона следует проводить не реже одного раза в сутки. Рекомендуется при наличии технической возможности отбирать пробы бетона один раз в смену.

4.6. Из каждой пробы бетона следует изготовлять не менее двух серий контрольных образцов, одну из которых испытывают в срок достижения бетоном проектной прочности (обычно 28, 90 или 180 сут), а вторую – в сроки предварительного контроля по п.2.7 настоящего Руководства.

4.7. Допускается исключать в каждой партии бетона не более одного выпадающего результата, используя методику ГОСТ 11002–73 "Прикладная статистика. Правила оценки аномальности наблюдений" (разд.2) для уровня значимости $\alpha = 0{,}05$ и данного объема выборки.

4.8. Каждая серия, как правило, должна состоять из трех контрольных образцов. Контрольные образцы изготовляют и испытывают в соответствии с требованиями ГОСТ 10180–74 "Бетон тяжелый. Методы определения прочности".

4.9. Под оценкой прочности бетона на сжатие понимается установление соответствия фактической прочности бетона R^{ϕ}, определяемой по результатам испытания контрольных образцов, требуемой прочности бетона в партии R_n^T и в серии R_c^T (см. табл.3, приведенную ниже, взятую из ГОСТ 18105–72) с учетом фактической однородности бетона, характеризуемой партионным коэффициентом вариации V_n .

Таблица 3

Требуемая средняя прочность бетона в партии R_n^T и в серии контрольных образцов R_c^T, в процентах от нормируемой прочности R

Партионный коэффициент вариации V_n, % (по данным завода-изготовителя)	$\frac{R_n^T/R \cdot 100}{R_c^T/R \cdot 100}$ при n, равном			
	2	3	4	6
≤ 4	81/78	81/78	81/78	80/77
5	84/79	83/79	83/79	83/78
6	86/81	85/80	85/80	85/80
7	88/82	88/82	87/81	87/81
8	91/84	90/83	90/83	89/82
9	94/85	93/85	92/84	92/84
10	97/88	96/87	95/86	94/85
11	100/89	99/88	98/88	97/87
12	103/91	102/90	101/89	100/88
13	106/93	105/92	104/91	103/90
14	110/96	108/94	107/93	106/92
15	114/98	112/96	111/95	110/94
16	118/100	116/99	115/97	113/96

4.10. Расчет партионного коэффициента вариации прочности бетона следует проводить по формуле (15), приведенной ниже, в соответствии с ГОСТ 18105-72.

$$V_n = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(R_{ci}^{\phi}-R_{nj}^{\phi})^2}{n-1}}}{R_{nj}^{\phi}}\cdot 100\%, \qquad (15)$$

где n – количество серий контрольных образцов одного возраста в партии;

m – количество партий бетона за анализируемый период;

R_c^{ϕ} – фактическая среднеарифметическая прочность бетона в серии;

R_n^{ϕ} – партионная прочность;

i – порядковый номер серии в партии;

j – порядковый номер партии за анализируемый период.

Прочность бетона в партиях товарного или монолитного бетона признается отвечающей требуемой, если:

фактическая среднеарифметическая прочность бетона всех серий, характеризующих данную партию, $R_n^{\phi}=\frac{\sum R_c^{\phi}}{n}$, будет не менее требуемой партионной прочности, т.е. $R_n^{\phi}\geq R_n^{T}$;

фактическая прочность бетона в каждой отдельной серии R_c^{ϕ}, относящейся к данной партии (при $1<n<6$), будет не менее требуемой серийной прочности R_c^{T}, т.е. $R_c^{\phi}\geq R_c^{T}$.

При оценке прочности бетона в партии по шести и более пробам ($n\geq 6$) фактическая прочность бетона в 15% серий контрольных образцов может быть ниже величины требуемой серийной прочности, т.е. $R_c^{\phi}<R_c^{T}$.

Пример оценки прочности монолитного бетона с использованием статистических методов контроля приведен в прил.3.

4.11. Однородность прочности бетона признается неудовлетворительной, если за анализируемый период партионный коэффициент вариации прочности бетона V_n превышает 16%.

4.12. Если величина фактической прочности бетона в партии окажется меньше требуемой, эти партии бетона должны быть забракованы. При этом необходимо согласовать возможность использования забетонированных конструкций с организацией, проектирующей здание или сооружение или осуществляющей авторский надзор за их строительством.

5. СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ПОДВИЖНОСТИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

5.I. Частоту отбора проб для контроля прочности бетона и подвижности бетонной смеси следует принимать в соответствии с п.4.5 настоящего Руководства. Контроль объемной массы заполнителей рекомендуется проводить один раз в сутки , определение активности цемента ускоренным методом путем испытания его в бетоне - один-два раза в неделю и остальных контролируемых факторов - один раз в неделю.

5.2. Если отклонение контролируемого фактора вызывает отклонение прочности бетона на I0 кгс/см^2 и более, а подвижности бетонной смеси - на 2 см и более , то необходимо провести корректировку состава бетона для обеспечения проектных показателей по прочности и подвижности.

5.3. Регулирование прочности следует проводить на основе результатов ускоренного определения в соответствии с п.2.7 (см.прил.4).

5.4. Регулирование прочности бетона и подвижности бетонной смеси рекомендуется проводить с использованием контрольных карт текущей медианы.

Карту составляют на каждый контролируемый период. Пример заполнения контрольных карт приведен в прил.5.

Бланк карты делится на четыре основных поля: поле исходных данных, поле графика, поле таблицы и поле анализа. В поле исходных данных указывают характеристики номинального состава (технологического комплекса) и требуемых значений прочности (или подвижности). На график наносят точки скользящей медианы[x], соединенные между собой отрезками прямых. Кроме того, на поле графика наносят: линию среднего уровня настройки R_y или OK_y , линию нижней и верхней границ регулирования (НГР и ВГР) и линию допуска, определяемую трубуемой прочностью бетона в партии R_n^T - для прочности и OK_{min} и OK_{max} - для подвижности.

---

x Если расположить три значения контролируемого фактора по возрастанию, то второе по порядку и будет называться медианой.

5.5. Средний уровень настройки назначается:

при контроле прочности бетона - по табл.I8 "Руководства по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ I8I05-72" или ориентировочно на 30 кгс/см^2 выше требуемой по ГОСТ I8I05-72 партионной прочности;

при контроле подвижности бетонной смеси, как среднее из границ допуска:

$$ОК_у = \frac{ОК_{min} + ОК_{max}}{2} . \qquad (I6)$$

5.6. Верхняя и нижняя границы регулирования (ВГР и НГР) назначаются равными среднему уровню настройки $\pm I,3S_n$, т.е.

$$ВГР_R = R_y + I,3S_n ; \qquad (I7)$$
$$НГР_R = R_y - I,3S_n ; \qquad (I8)$$
$$ВГ'_{ОК} = \overline{ОК}_y + I,3S_n ; \qquad (I9)$$
$$НГ'_{ОК} = \overline{ОК}_y - I,3S_n , \qquad (20)$$

где S_n - партионное среднеквадратическое отклонение прочности бетона или подвижности бетонной смеси, рассчитываемое по формулам (2) - (4) настоящего Руководства с доверительной вероятностью 95%.

5.7. Анализ построенных графически результатов контроля позволяет определить момент выхода контролируемых параметров за пределы регулирования, что является сигналом для передачи информации и подготовки распоряжения о регулировании процесса в нужном направлении.

5.8. Регулирование состава бетона по контрольной карте следует проводить в нижеперечисленных случаях, когда:

хотя бы один результат выходит за линии допуска;

хотя бы одна точка на графике выходит за границы регулирования;

две точки подряд находятся вблизи одной и той же границы регулирования;

пять точек подряд находятся с одной стороны от линии среднего уровня настройки;

пять точек подряд показывают тенденцию к изменению уровня в одну сторону.

5.9. Регулирование состава бетона по прочности следует проводить по предварительно построенной для данного состава (в процессе его лабораторного подбора) зависимости "прочность бетона - Ц/В", а регулирование по подвижности - по зависимости "осадка конуса - расход воды". Допускается использование для целей регулирования состава бетона аналогичных зависимостей, опубликованных в литературе. Примеры подобных зависимостей и методика регулирования состава бетона приведены в прил.6.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Ведомость обследования технологического процесса (образец)

Характеристика технологического процесса	Показатели
Поставка цемента:	
а) вид транспорта	Автоцементовозы
б) периодичность поставки	3–5 машин в сутки
Поставка песка:	
а) вид транспорта	Речные барки
б) периодичность поставки	I–2 раза в месяц
Поставка щебня (гравия):	
а) вид транспорта	Речные барки
б) периодичность поставки	I–2 раза в месяц
Склад цемента:	
а) тип	Силосный
б) общая вместимость	500 т
в) число силосов	2
Склад заполнителей:	
а) тип	Бункерно-эстакадный открытый
б) число отсеков	6
в) общая вместимость	I200 м^3
Бетоносмесительная установка:	
а) расходные бункера	I – цемента (I0т) 2 – песка (по I5 м^3) 3 – щебня (по 20 м^3)
б) дозаторы	I – АВДЦ-I200 3 – АВДИ-I200 2 – С-302И
Режим приготовления бетонной смеси:	
а) цикл дозирования	50 с (средний фактический)
б) продолжительность перемешивания	I00 с (средняя фактическая)
Вместимость бункера-копильника	3,2 м^3 (4 замеса)
Высота разгрузки	2,5 м

Приложение 2

Ведомость контроля качества (образец)

Контролируемый материал	Контролируемые показатели	Место отбора проб	Частота отбора проб
Цемент	Нормальная густота	Склад цемента	I раз в неделю
	Сроки схватывания		То же
	Удельная поверхность		"
	Активность		I-2 раза в неделю
Песок	Влажность	Склад заполнителей	2 раза в неделю
	Объемная масса		I раз в сутки
	Модуль крупности		I раз в неделю
	Содержание пылевидных и глинистых частиц, определенное отмучиванием		То же
Щебень	Влажность	То же	2 раза в неделю
	Объемная масса		I раз в сутки
	Гранулометрический состав		I раз в неделю
	Содержание пылевидных и глинистых частиц, определенное отмучиванием		То же
Бетонная смесь	Подвижность (осадка конуса)	Кузов автосамосвала	I раз в сутки
Бетон	Прочность при сжатии	То же	I раз в сутки

Приложение 3

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ (ПРИМЕР)

На различных участках строительной площадки бетонируют:

фундаменты под колонны заводского корпуса из бетона марки 200;

подпорные стенки из бетона марки 250;

фундаменты под компрессоры из бетона марки 200;

конструкции конвейерной эстакады из бетона марки 250;

резервуары очистных сооружений из бетона марки 300 с маркой по водонепроницаемости В-6 и морозостойкости Мрз 200.

С учетом характера и степени армирования конструкций строительная лаборатория назначила одинаковые подвижность и состав бетонной смеси для бетона одной марки.

Проектом производства работ предусмотрено одновременное бетонирование:

фундаментов под колонны и компрессоры с темпом укладки 200 $м^3$/смена;

подпорной стенки и конструкции эстакады с темпом бетонирования 55 $м^3$/смена;

резервуара с укладкой 15 $м^3$/смена.

Все бетонируемые конструкции разбиваем на три технологических комплекса:

комплекс 1 - фундаменты под колонны и компрессоры;

комплекс 2 - подпорная стенка и конструкции эстакады;

комплекс 3 - резервуары очистных сооружений.

В качестве партии принимаем объем бетона, укладываемый за две смены. Таким образом, для комплекса 1 объем партии составит ориентировочно 400 $м^3$, для комплекса 2 - 110 $м^3$, для комплекса 3 - 30 $м^3$.

Для каждого технологического комплекса лаборатория назначила минимально допустимый объем контроля - две пробы. Из каждой пробы изготовляют по одной серии образцов для контроля прочности бетона и подвижности бетонной смеси. Кроме того, для технологического комплекса 2 отбирают одну пробу один раз в трое суток и из нее изготовляют дополнительную серию образцов для контроля распалубочной прочности бетона.

Весь бетон на строительство поступает с одного завода. Завод направляет документы , подтверждающие коэффициенты вариации прочности бетона.

Для бетона марок 200 и 250 коэффициент вариации составляет 15%, для бетона марки 300 - 9%.

Лаборатория при строительной площадке определяет величину требуемой прочности бетона по табл.3. Для технологического комплекса I при

V_n = 15% и n = 2:

$$R_n^T = \frac{114}{100} \cdot R = \frac{114}{100} \cdot 200 \text{ кгс/см}^2 = 228 \text{ кгс/см}^2;$$

$$R_c^T = \frac{98}{100} \cdot R = \frac{98}{100} \cdot 200 \text{ кгс/см}^2 = 196 \text{ кгс/см}^2.$$

Для технологического комплекса 2 при

V_n = 15% и n = 2:

$$R_n^T = \frac{114}{100} \cdot R = \frac{114}{100} \cdot 250 \text{ кгс/см}^2 = 285 \text{ кгс/см}^2;$$

$$R_c^T = \frac{98}{100} \cdot R = \frac{98}{100} \cdot 250 \text{ кгс/см}^2 = 245 \text{ кгс/см}^2.$$

Для технологического комплекса 3 при

V_n = 9% и n = 2 :

$$R_n^T = \frac{94}{100} \cdot R = \frac{94}{100} \cdot 300 \text{ кгс/см}^2 = 282 \text{ кгс/см}^2;$$

$$R_c^T = \frac{85}{100} \cdot R = \frac{85}{100} \cdot 300 \text{ кгс/см}^2 = 255 \text{ кгс/см}^2.$$

С учетом фактических температур наружного воздуха лаборатория выдерживает бетон в образцах до набора им марочной прочности и производит испытание, определяя фактическую прочность бетона в каждой серии R_c^Φ и среднюю фактическую партионную прочность $R_n^\Phi = \frac{\Sigma R_c^\Phi}{n}$. Эти определения делают по каждому технологическому комплексу.

Далее производится сравнение фактической прочности с требуемой и дается оценка прочности бетона для каждого комплекса в соответствии с рекомендациями пп.4.10 и 4.12 настоящего Руководства.

Приложение 4

ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Принятая в действующих нормах система контроля прочности товарного бетона и бетона монолитных конструкций является пассивной, так как позволяет только регистрировать соответствие фактической прочности заданной, но не обеспечивает регулирование прочности в процессе производства. Это объясняется тем, что испытания прочности в стандартный срок проводят через 28–180 сут после приготовления смеси. Столь продолжительный интервал между приготовлением и испытанием бетона не позволяет использовать полученные результаты для внесения коррективов в состав бетонной смеси за исключением грубой настройки процесса. При этом попытки корректировки состава по результатам испытаний неэффективны, так как даже за 28 сут условия производства и применяемые материалы могут существенно изменяться.

В этих условиях лаборатория бетонного завода вынуждена назначать средний уровень прочности бетона существенно выше требуемого (браковочного) минимума, чтобы предупредить появление брака при неблагоприятных сочетаниях свойств исходных материалов в отдельных партиях и неконтролируемых отклонений в технологическом процессе.

Сокращение сроков между моментом приготовления смеси и испытанием бетона до нескольких часов позволило бы в большей степени учитывать меняющиеся условия производства и вносить оперативные поправки в рецептуру смеси. Это повысило бы однородность прочности, соответственно снизило бы необходимый средний уровень прочности и, следовательно, расход цемента.

На основании всего вышеизложенного институтом Оргэнергострой (кандидатами техн.наук Б.А.Дорфом, Ю.Г.Хаютиным и З.Я.Гурьевой) был разработан новый метод экспресс-контроля прочности бетона, заключающийся в следующем.

Из производственных составов бетона различных марок (не менее двух), приготовленных на имеющихся заполнителях и данном виде цемента, изготовляют не менее 10 серий контрольных образцов. Формы с образцами сверху прикрывают листом резины, а затем металлическим листом и помещают в ванну с водой. Высота слоя воды над образцами в формах должна быть не менее 5см.

Контрольные образцы подвергают тепловой обработке в горячей воде по следующему режиму:

1) предварительная выдержка при температуре 20–25°С – 2 ч;

2) прогрев в воде – 17 ч;

3) остывание при температуре среды 20–25°С – 2 ч.

Температура воды при прогреве должна быть:

для бетонов на портландцементе – 70°С;

для бетонов на шлакопортландцементе – 85°С.

Таким образом, полный цикл термообработки образцов составляет 21 ч, что обеспечивает получение экспрессных данных по прочности бетона в течение 1 сут. Далее строится тарировочная зависимость между марочной прочностью бетона (в возрасте 28–180 сут) и прочностью после тепловой обработки.

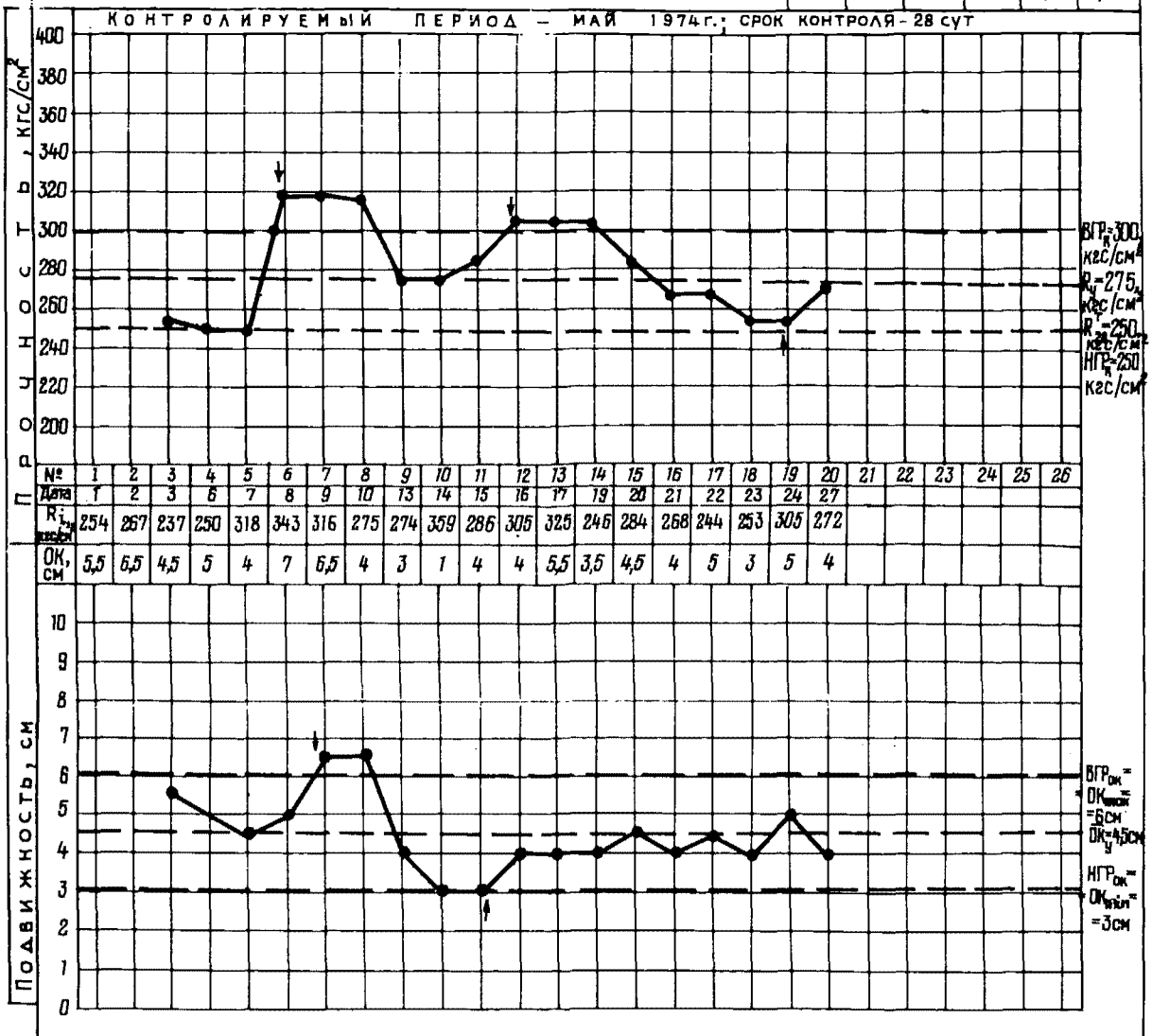
Опытами установлено, что указанная зависимость является линейной.

Для построения такой тарировочной зависимости необходимо иметь не менее двух точек, соответствующих двум различным маркам бетона. Исследованиями установлено также, что коэффициент корреляции между марочной прочностью и прочностью после тепловой обработки для большинства практически рациональных режимов превышает 0,9.

Следует отметить, что полученная тарировочная зависимость справедлива для данного определенного вида цемента. При получении цемента с другого завода-изготовителя необходимо построение новой тарировочной зависимости.

ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ КАРТЫ

Объект: дорога пл. Володарская – село Зеленое	$R_у$, кгс/см²	$НГР_R$, кгс/см²	$ВГР_R$, кгс/см²	$\overline{ОК}$, см	$НГР_{ОК}$, см	$ВГР_{ОК}$, см
Марка бетона: $R^т_{90}$ = 350 кгс/см²; $R^т_{28}$ = 250 кгс/см²; ОК = 3 ÷ 6 см	275	250	300	4,5	6,0	3,0



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Дата	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	19	20	21	22	23	24	27						
R_i, кгс/см²	254	267	237	250	318	343	316	275	274	359	286	305	325	246	284	268	244	253	305	272						
ОК, см	5,5	6,5	4,5	5	4	7	6,5	4	3	1	4	4	5,5	3,5	4,5	4	5	3	5	4						

Анализ и расчет для следующего контролируемого периода

ПРОЧНОСТЬ	ПОДВИЖНОСТЬ
$R^ф_α$ = 284 кгс/см²;	$R^т_{28} = 250 \cdot 1,0 = 250$ кгс/см²;
S_R = 33,8 кгс/см²;	$R_у = 250 + 25 = 275$ кгс/см²;
V_R = 11,9 %	$ВГР_R = 275 + 1,3 \cdot 33,8 = 320$ кгс/см²;
	$НГР_R = 275 - 1,3 \cdot 33,8 = 230$ кгс/см²,
	так как $НГР_R < R^т_{28}$, пересчитываем $R_у$;
	$НГР_R = R^т_{28} = 250$ кгс/см²;
	$R_у = 250 + 1,3 \cdot 33,8 = 294$ кгс/см²;
	$ВГР_R = 294 + 1,3 \cdot 33,8 = 338$ кгс/см²
	$\overline{ОК} = 4,5$ см; $\overline{ОК}_у = 4,5$ см;
	$\overline{ОК}_у = 4,5$ см; $ОК_{min} = 3$ см;
	$S_{ОК} = 1,35$ см; $ОК_{max} = 6$ см;
	$V_{ОК} = 30$ %; $ВГР_{ОК} = 4,5 + 1,3 \cdot 1,35 = 6,25$ см ≈ 6 см;
	$НГР_{ОК} = 4,5 - 1,3 \cdot 1,35 = 2,75$ см ≈ 3 см

Приложение 6

ПРИМЕР РЕГУЛИРОВАНИЯ СОСТАВА БЕТОНА ПО ПРОЧНОСТИ И ПОДВИЖНОСТИ

Как было указано в п.5.9 настоящего Руководства, регулирование прочности бетона и подвижности бетонной смеси следует проводить по предварительно построенным в результате лабораторных подборов зависимостям "прочность бетона – Ц/В" и "осадка конуса – расход воды". При этом если экспериментальных зависимостей нет, то допускается использование подобных графиков, взятых из литературных источников.

На рис.I приведена зависимость прочности бетона нормального твердения в возрасте 28 сут от Ц/В [I]. Допустим, что на одном из объектов строительства при требуемой прочности в серии R_c^T = 300 кгс/см^2 фактическая прочность бетона (R_c^Φ) получилась равной 260 кгс/см^2. Цементно-водное отношение бетона в данном случае составляло I,9. Указанный состав бетона на графике изображается точкой А.

Состав бетона по прочности регулируют следующим образом.

Пунктиром из точки А проводят кривую, параллельную кривым на графике, до пересечения с ординатой, характеризующей требуемую прочность, т.е. 300 кгс/см^2. Получают точку В на этой пунктирной кривой и определяют значение Ц/В, соответствующее этой точке. Ц/В в данном случае равно 2,4. Зная расход воды на Iм^3 бетона, можно легко определить, на сколько килограммов нужно увеличить расход цемента, чтобы получить требуемую по ГОСТ I8I05-72 прочность 300 кгс/см^2.

Аналогичным образом производят регулирование состава бетона по подвижности. На рис.2 изображена зависимость подвижности бетонной смеси от расхода воды на I м^3 бетона [2]. Предположим, что заводом-изготовителем на объект строительства была отпущена бетонная смесь с осадкой конуса 7 см при расходе воды I80 л на I м^3 бетона. Требуемая подвижность бетонной смеси по проекту должна составлять 5 см. Необходимо определить, на сколько литров следует уменьшить расход воды, чтобы получить бетонную смесь заданной подвижности.

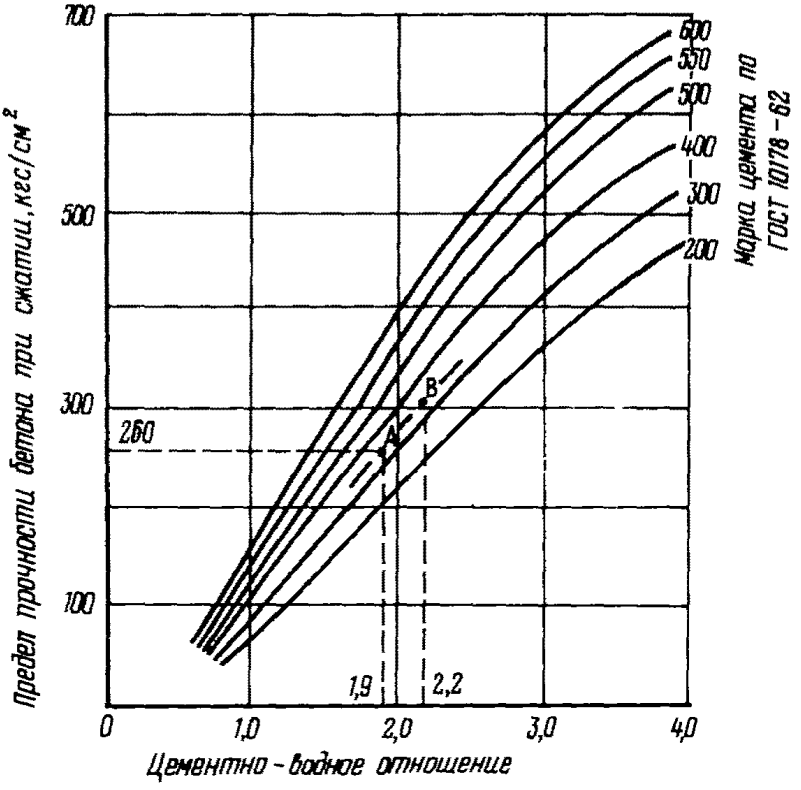


Рис.I. Зависимость прочности бетона нормального твердения в возрасте 28 сут от цементно-водного отношения. (Бетон на портландцементе)

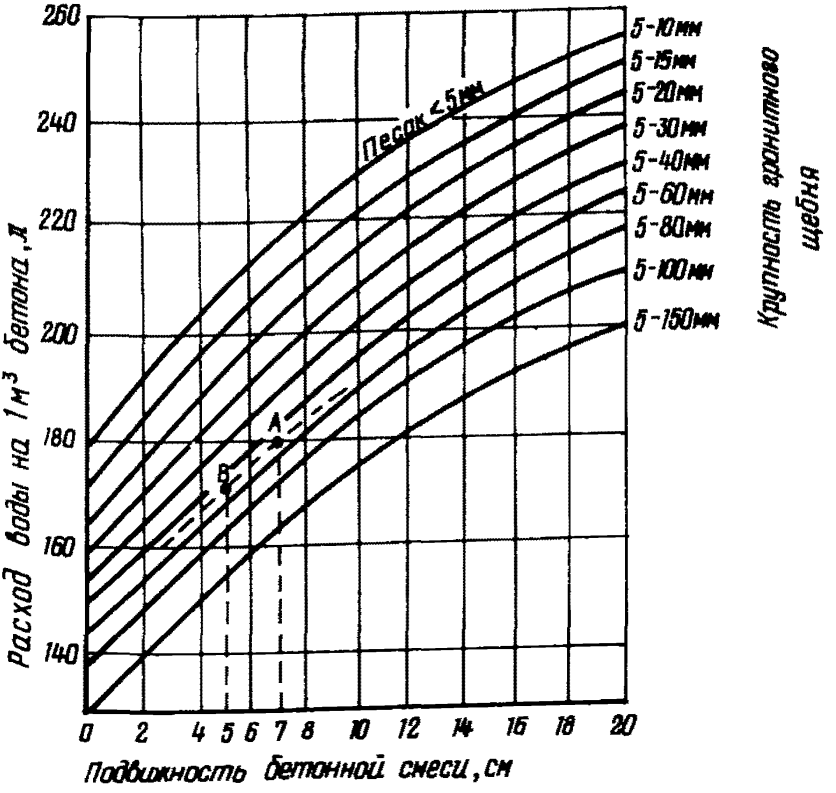


Рис.2. Зависимость подвижности бетонной смеси от расхода воды на I м³ бетона

Примечание. R – прочность бетона, кгс/см^2; ОК – подвижность бетонной смеси, см. Индекс R относится к прочности бетона, индекс ОК – к подвижности бетонной смеси.

Опытный состав бетона на рис.2 характеризуется точкой А (В=180 л, ОК=7 см). Из точки А проводим пунктирную кривую, параллельную имеющимся кривым, до пересечения с абсциссой, характеризующей требуемую осадку конуса (5 см). Получаем точку В и определяем расход воды, соответствующий этой точке, - 170 л.

Таким образом, для приготовления бетонной смеси с требуемой подвижностью 5 см необходимо расход воды на 1 $м^3$ бетона уменьшить на 10 л (180 л - 170 л = 10 л).

ЛИТЕРАТУРА

1. К а й с е р Л. А., Л е в и н Л. И. Новые технологические зависимости, положенные в основу "Типовых норм расхода цемента в бетонах для сборных изделий". Сб.института ВНИИЖелезобетон "Заводская технология сборного железобетона", вып.17. М., Стройиздат, 1972.

2. С и з о в В. П. Проектирование состава бетона. М., Стройиздат, 1968.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 3
I. Общие положения 4
2. Методика обследования объекта 5
3. Статистический анализ результатов обследования 9
4. Статистический приемочный контроль прочности бетона I3
5. Статистическое регулирование прочности бетона и подвижности бетонной смеси I6
Приложения I9
Литература 3I

РУКОВОДСТВО
по статистическому контролю и регулированию качества строительства при производстве бетонных работ

Р 254-76

Издание ВНИИСТа

Редактор Г.К.Храпова Корректор А.А.Хорошева
Технический редактор Т.Б.Березева

Л-79520 Подписано в печать 2.Ш.1977г. Формат 60х84/16
Печ.л. 2,25 Уч.-изд.л. I,6 Усл.печ.л. 2,0
Тираж 500 экз. Цена I6 коп. Заказ 25

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru