МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ МЕТОДУ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ОДНОРОДНОСТИ БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ МЕТОДУ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ОДНОРОДНОСТИ БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1977

УДК 625.84:539.4:658.562

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СТАТИСТИЧЕСКОМУ МЕТОДУ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ И ОДНОРОДНОСТИ БЕТОНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ. Союздорнии, М., 1977.

Изложен порядок проведения статистического контроля прочности бетона при строительстве цементобетонных дорожных и аэродромных покрытий, рассмотрены методы назначения марок бетона с учетом его неоднородности, методы регулирования прочности бетона в процессе строительства, а также приведены формы документации по статистическому контролю, предъявляемые заказчику при сдаче цементобетонного покрытия в эксплуатацию.

Табл.6.

© Союздорнии, 1977г.

УДК 625.84:539.4:658.562

Предисловие

"Методические рекомендации по статистическому методу контроля и оценки прочности и однородности бетона при строительстве дорожных и аэродромных покрытий" разработаны на основе и в развитие ГОСТ 18105-72 "Бетоны, контроль и оценка однородности и прочности" и "Руководства по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его неоднородности по ГОСТ 18105-72" с учетом особенностей технологии строительства бетонных дорожных и аэродромных покрытий строительными организациями Главдорстроя.

В "Методических рекомендациях" изложен порядок статистического контроля прочности бетона при строительстве цементобетонных дорожных и аэродромных покрытий, рассмотрены методы назначения марок бетона с учетом его неоднородности, методы регулирования прочности бетона в процессе строительства.

Внедрение статистического метода контроля прочности и однородности дорожного бетона будет способствовать повышению качества строительства бетонных покрытий и при высокой однородности бетона по прочности позволит экономить цемент.

"Методические рекомендации" разработали кандидаты технических наук В.С.Орловский и А.М.Шейнин при участии канд.техн.наук А.Н.Защепина.

При составлении "Методических рекомендаций" учтены замечания и пожелания рецензентов Е.Д.Козлова и В.А.Пискарева (ВНИИжелезобетон), а также В.А.Дорфа (Оргэнергострой).

Все отзывы и замечания просьба направлять по адресу: 143900 Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии.

I. Общие положения

1.1. В процессе строительства монолитных бетонных дорожных и аэродромных покрытий различные производственные факторы влияют на прочность бетона, которая колеблется в некотором интервале в общем случае в соответствии с законом нормального распределения.

Настоящие "Методические рекомендации" устанавливают правила статистического контроля прочности и неоднородности бетона:

а) для получения достоверных данных о фактической прочности бетона;

б) оценки однородности бетона;

в) регулирования прочности бетона в процессе строительства.

В зависимости от однородности бетона устанавливаются: оценка качества строительства, величины допускаемых отклонений в прочности бетона и пределы возможных изменений состава бетона без ухудшения его качества в процессе строительства, а также количество и порядок отбора контрольных образцов.

1.2. Статистическим контролем устанавливаются фактические средние $\bar{R}_{ф}$ и минимальные $R^{ф}_{мин}$ прочности бетона при сжатии и на растяжение при изгибе и соответствующие им коэффициенты вариации V:

а) по сериям (пробам), состоящим из нескольких образцов ($\bar{R}^{ф}_{с}$; $R^{ф}_{с.мин}$, $V_{с}$);

б) по партиям, состоящим из нескольких серий ($\bar{R}^{ф}_{п}$; $R^{ф}_{п.мин}$; $V_{п}$);

в) за контролируемый период при промежуточной сдаче участка покрытия в эксплуатацию или в конце месяца ($\bar{R}^{ф}_{к}$; $R^{ф}_{к.мин}$; $V_{к}$);

г) за оцениваемый период при сдаче покрытия в

эксплуатацию или в конце строительного сезона (R_o^{Φ}, $R_{o.мин}^{\Phi}$; V_c).

За минимальную прочность по партиям за контролируемый либо за оцениваемый периоды принимают минимальную среднюю прочность какой-либо серии.

Для проведения статистического контроля, исходя из средних величин по ряду строительных объектов и средних величин за оцениваемый период, устанавливают нормативные значения минимальных прочностей $R^{н}_{мин}$, средних прочностей $\bar{R}^{н}$ и коэффициентов вариации $V^{н}$.

Для назначения проектной прочности бетона, гарантирующей требуемое качество бетона с учетом объективно существующей его неоднородности и являющейся исходной величиной для установления норм расхода цемента, определяют директивную марку бетона по прочности $R_д$, которая в некоторых случаях может быть выше проектной марки бетона по прочности R.

В процессе строительства, в зависимости от фактических коэффициентов вариации, устанавливают также так называемую требуемую партионную прочность бетона $R_п^{т}$ (как минимальную, так и среднюю), служащую ориентиром при регулировании прочности бетона.

1.3. Определяемые настоящими "Методическими рекомендациями" статистические величины имеют обеспеченность 97,7%, т.е. в 977 случаях из 1000 фактические значения прочности будут выше вычисленного минимального значения, а в 23 случаях они могут быть ниже. При этом предполагается, что минимальное нормативное сопротивление бетона $R^{н}_{мин}$ (среднее за сезон и среднее по ряду объектов) находится в следующей зависимости от марочной прочности R:

$$R^{н}_{мин} = (1 - 2V^{н})R, \qquad (1)$$

а нормативный коэффициент вариации $V^{н}$ = 13,5%.

В практике строительства в зависимости от нала - женности технологического процесса приготовления бетона и точности принятых методов контроля коэффициент вариа- ции может иметь различную величину. Приняв мини- мальную нормативную прочность $R^{н}_{мин}$ величиной ис- ходной и базовой, т.е. постоянной, получаем, что при фактическом коэффициенте вариации V , большем, чем нормируемая величина (13,5%), средняя прочность бетона должна быть выше марочной, а при V ,мень- шем, чем 13,5%, наоборот, может быть более низкой, чем марочная, без ущерба для минимальной норматив- ной прочности бетона.

В первом случае строительная организация перерас- ходует цемент для завышения средней прочности бето- на, а во втором есть возможность уменьшить рас - ход цемента.

1.4. Снижение расхода цемента при высокой одно- родности бетона по прочности допускается только до уровня, обеспечивающего требуемую морозостойкость бетона при условии:

применения пластифицирующих и воздухововлекаю - щих добавок;

использования составов и методов уплотнения бе- тонной смеси и отделки поверхности покрытия, кото - рые в комплексе обеспечивают по всей толщине пок- рытия, включая и верхний слой, требуемое качест в о бетона;

обеспечения водоцементного отношения в требуемых по ГОСТ 8424-72 пределах.

1.5. Для каждого конкретного случая, в зависимос- ти от указанных условий, учитывая неизбежную неод- нородность бетона, можно применять следующие вари - анты выбора исходной директивной или марочной проч- ности бетона и определения пределов статистическог о регулирования прочности в процессе строительства:

а) требуемое водоцементное отношение в бетонной

смеси обеспечивается при снижении средней нормативной прочности бетона по сравнению с марочной более чем на 10%; в процессе строительства специальной проверки качества верхнего слоя покрытия не предусматривается. В этом случае устанавливается, что при высокой однородности бетона средняя нормативная прочность бетона $\bar{R}^н$ может быть снижена против марочной не более чем на 10%, т.е. $\bar{R}^н = 0{,}9\,R$;

минимальная нормативная прочность $R^н_{мин} = 0{,}73R$;

директивная прочность, служащая основой для нормирования исходного расхода цемента, равна марочной, т.е. $R_д = R$;

б) требуемое водоцементное отношение обеспечивается при снижении средней нормативной прочности только до 10% (например, для бетонов с небольшим расходом цемента); специальной проверки качества верхнего слоя покрытия не предусматривается.

В этом случае снижение средней нормативной прочности бетона при высокой его однородности допускается только до предела, при котором водоцементное отношение находится на требуемом (по ГОСТ 8424 - 72) уровне. Средняя нормативная прочность находится в пределах $0{,}9\,R < \bar{R}^н < R$. Директивная прочность должна быть на 10% выше средней нормативной, т.е. $R_д = 1{,}1\,\bar{R}^н$, что выше марочной. Минимальная нормативная прочность должна быть равна $R^н_{мин} = 0{,}73\,R_д$;

в) по требованию заказчика может быть установлено, что средняя нормативная прочность должна быть равна марочной, т.е. $\bar{R}^н = R$.

Для обеспечения этого условия с учетом неоднородности бетона необходимо установить директивную прочность на 10% выше марочной, т.е. $R_д = 1{,}1\,R$, а минимальную установить равной $R^н_{мин} = 0{,}73\,R_д$;

г) для особых климатических условий заказчик может установить ограничения не по средней прочности, как в предыдущих случаях, а по минимальной, напри -

мер, установить, чтобы минимальная нормативная прочность была не менее марочной: $R^{н}_{мин} = R$ или $R^{н}_{мин} = 0{,}9\ R$ (при сжатии) и $R^{н}_{мин} = 0{,}95\ R$ (на растяжение при изгибе). В этом случае директивная прочность должна быть равна $R_{д} = \frac{R^{н}_{мин}}{0{,}73}$, а среднюю прочность при высокой однородности бетона можно снижать по сравнению с директивной без каких-либо ограничений. В последнем случае расход цемента увеличивается уже при коэффициенте вариации более 5%.

Нормативные величины прочности выбирают на основе тщательного учета различных производственных и экономических факторов, обеспечивая, с одной стороны, требуемую морозостойкость бетона и, с другой, - исключая лишний расход цемента.

Принятую на основе анализа директивную прочность бетона (т.е. марка бетона с учетом его неоднородности) следует указывать в проектных документах. Одновременно с марочной в проекте должны указываться минимальные и средние нормативные прочности бетона. Приведенные в проекте величины прочности бетона следует согласовывать со строительной организацией, обеспечивающей их выполнение.

В случае отсутствия в проекте специальных указаний при статистическом контроле прочности бетона следует руководствоваться п.1.5,а и б.

1.6. При небольших объемах строительства, когда общего количества образцов недостаточно для статистического контроля, выполняют нестатистический контроль. В этом случае сохраняется порядок отбора образцов и проведения испытаний, рекомендуемый настоящими "Методическими рекомендациями".

Прочность бетона считается отвечающей требованиям, если средняя прочность, относящаяся к испытанию одной серии, будет не ниже 1,1 от марочной, т.е. $\bar{R}^{ф}_{c} \geqslant 1{,}1\ R$, или, при большем количестве серий-

не менее величин, указанных в табл.1 и 2 для соответствующего количества серий.

1.7. В зависимости от достигнутой при строительстве однородности бетона при приемке покрытия в эксплуатацию однородность бетона оценивают по следующей шкале.

При коэффициенте вариации γ (за оцениваемый период) от 13,5 до 20% однородность бетона оценивается "удовлетворительно". При γ в пределах 13,5–8% однородность бетона оценивается "хорошо" и при γ менее 8% – "отлично".

В последнем случае (но при применении вариантов частичного регулирования прочности бетона) фактическая расчетная прочность увеличивается против расчетных величин $R^{р}_{рн}$ по "Указаниям по проектированию аэродромных покрытий" СН 120–70 и становится равной

$$R^{рФ}_{рн} = R^{р}_{рн} \frac{R^{Ф}_{мин}}{R^{н}_{мин}} . \qquad (2)$$

1.8. Качество бетона считается неудовлетворительным на каком-либо участке покрытия, если образцы на этом участке показали серийные прочности $R^{Ф}_{с.мин}$, меньшие указанных в п.1.5 минимальных нормативных величин, или партионный коэффициент вариации превышает 16%, а за оцениваемый период – больше 20%.

При неудовлетворительном качестве бетона дополнительно оценивают прочность по результатам испытания кернов, выбуренных из покрытия.

Возможность эксплуатации покрытия в этом случае должна быть согласована с проектной организацией и заказчиком.

1.9. При сдаче покрытия, устроенного в осенний или зимний период, допускается минимальная сред –

Таблица 1

V_n (при n = 1 V_c), %	Число серий (проб) n_0						
	1	2	3	4	5	10	30 и более
4	82	81 / 78 [x)]	81 / 78	81 / 78	80 / 77	80 / 77	80 / 77
5	85	84 / 79	83 / 79	83 / 79	83 / 78	82 / 78	81 / 78
6	87	86 / 81	85 / 80	85 / 80	85 / 80	84 / 79	83 / 78
7	90	88 / 82	88 / 82	87 / 81	87 / 81	86 / 81	85 / 79
8	93	91 / 84	90 / 83	90 / 83	89 / 83	89 / 82	87 / 80
9	96	94 / 85	93 / 85	92 / 84	92 / 84	91 / 83	89 / 81
10	99	97 / 88	96 / 87	95 / 86	94 / 85	94 / 85	91 / 82
11	102	100 / 89	99 / 88	98 / 88	97 / 87	96 / 85	93 / 83
12	106	103 / 91	102 / 90	101 / 89	100 / 88	99 / 87	96 / 85
13	109	106 / 93	105 / 92	104 / 91	103 / 90	102 / 89	99 / 86
14	113	110 / 96	108 / 94	107 / 93	106 / 92	105 / 91	102 / 87
15	117	114 / 98	112 / 96	111 / 95	110 / 94	108 / 93	105 / 89
16		118 / 100	116 / 99	115 / 97	113 / 96	112 / 95	108 / 91

x) В числителе указана требуемая средняя прочность бетонов в партии $\bar{R}_n^r$ в знаменателе – минимальная $R_{n\,min}^r = \bar{R}_c^r$ в % от нормируемой прочности (марки) $R(R_g)$.

Таблица 2

Число результатов n	d	Число результатов n	d	Число результатов n	d	Число результатов n	d
2	1,13	7	2,70	12	3,26	17	3,59
3	1,69	8	2,85	13	3,34	18	3,64
4	2,06	9	2,97	14	3,41	19	3,69
5	2,33	10	3,08	15	3,47	20	3,73
6	2,53	11	3,17	16	3,53		

няя внутрисерийная прочность (минимально допустимая для партии), равная 0,6 R, при условии, что минимальные и средние прочности при последующем твердении достигнут величин, указанных в пп.1.5 и 1.6, причем эти величины подтверждены испытанием бетона, твердевшего в нормальных условиях.

1.10. Статистический контроль и регулирование прочности бетона проводят при условии устоявшегося технологического процесса и при соответствующей отладке лабораторного оборудования, обеспечивающей достоверность получаемых данных испытаний.

Статистический контроль ведут по образцам, приготовленным на бетонном заводе и твердевшим в камере нормального хранения, в соответствии с ГОСТ 10180-74 "Бетон тяжелый. Методы определения прочности".

1.11. Помимо статистического контроля при строительстве бетонного покрытия ведут также нестатистический, дополнительный контроль прочности бетона в целях определения:

сроков открытия движения по участкам покрытия;

прочности бетона при бетонировании в холодное время года, но без применения теплоизоляции;

прочности бетона при бетонировании в холодное время года с теплоизоляцией покрытия;

влияния перевозки бетона от ЦБЗ к месту укладки.

1.12. Дополнительный контроль прочности бетона в покрытии проводят на участках, построенных из бетона, прочность которого по образцам, приготовленным на бетонном заводе, оказалась ниже минимальной нормативной прочности.

1.13. Настоящие "Методические рекомендации" являются дополнением к действующим нормативным документам по строительству бетонных покрытий автомобильных дорог.

2. Порядок отбора образцов и проведения испытаний

2.1. Статистический контроль прочности бетона ведут по данным испытания образцов в возрасте 7 суток с приведением их прочности к прочности в возрасте 28 суток.

Для этого в процессе строительства каждые сутки на бетонном заводе отбирают по одной пробе бетонной смеси, из которой изготавливают по 3 основных образца для испытания в возрасте 7 суток и через день или несколько дней (см.п.2.2) по 3 дополнительных образца для испытаний в возрасте 28 суток. Испытываемые в одном возрасте 3 образца представляют собой одну серию.

Для определения прочности бетона при сжатии изготовляют кубы размером 15x15x15 см, а для определения прочности бетона на растяжение при изгибе-балки размером 15x15x60 см.

Допускается вместо кубов испытывать при сжатии половинки балок, если после такой замены внутрисерийный коэффициент вариации не превысит 5%.

Для изготовления всех образцов в течение суток используют одну пробу бетона. Проба отбирается в любое время суток. При приготовлении бетонной смеси на заводах с непрерывным перемешиванием для отбора проб исключаются первые замесы. Пробы для приготовления образцов на бетонном заводе отбирают из кузова автомобиля-самосвала.

2.2. В зависимости от однородности бетона, определяемой по коэффициенту вариации за контролируемый период и оцениваемой в соответствии с п.1.2, изготавливают следующее количество образцов:

при удовлетворительной однородности бетона ежедневно изготовляют 3 куба и 3 балки и испытывают их на 7-е сутки, и через день - дополнительно 3 куба и 3 балки, которые испытывают в возрасте 28 суток;

при хорошей однородности дополнительные серии образцов изготавливают через 2 дня;

при отличной однородности дополнительные серия образцов изготавливают один раз в неделю.

2.3. Для обеспечения требуемых марок бетона в начальный период строительства (до накопления достаточного количества данных испытания) при подборе состава бетона на окончательно выбранном составе в лабораторных условиях необходимо не менее двух замесов с изготовлением из каждого замеса по 6 кубов и 6 балок. Одну серию из трех образцов каждого замеса испытывают на 7-е сутки и вторую - на 28-е сутки. Образцы должны храниться в камере нормального хранения с точным соблюдением требуемой температуры твердения.

На основе испытания лабораторных образцов вычисляют внутрисерийные и междусерийные (партионные) средние прочности и коэффициенты вариации, а также коэффициент набора прочности. Эти данные используют в начальный период работы бетонного завода, а также для оценки пригодности лабораторного оборудования к статистическому методу контроля (см.раздел 3).

Коэффициенты вариации по двум замесам (двум сериям 7- и 28-суточного возраста) не должны превышать 10% (формула 5). В противном случае проверочные испытания повторяют.

2.4. Формы для приготовления образцов должны соответствовать требованиям ГОСТ 10180-74.

Образцы испытывают на прессах, отлаженных и отгарированных по ГОСТ 10180-74. Периодически необходимо проверять точность размеров форм и соответствие этих размеров требованиям ГОСТ 10180-74.

3. Определение пригодности оборудования для статистического метода контроля

3.1. Статистический метод контроля и регулирования прочности бетона выполняют при условии, что лабораторное и заводское оборудование и принятая технология изготовления, хранения и испытания образцов обеспечивают внутрисерийный коэффициент вариации, средний из 20-30 серий, $\bar{v}_c$ не более 5%. Решение о пригодности оборудования выносится либо на основании обработки данных испытаний прошлого строительного сезона, либо после обработки данных испытаний, полученных в начале текущего строительного сезона. Вначале до накопления достаточного количества данных допускается применять статистический контроль прочности при внутрисерийном коэффициенте вариации, среднем по 6-10 сериям, не менее 8%.

Средний внутрисерийный коэффициент вариации определяют по формуле

$$\bar{v}_c = \frac{\sum_{i=1}^{T} (R^{\Phi}_{max\,i} - R^{\Phi}_{мин\,i})}{T \cdot d \cdot \bar{R}}, \qquad (3)$$

где $R^{ф}_{max}$ и $R^{ф}_{мин}$ – максимальное и минимальное значение прочности образцов в одной серии;

T – количество серий;

$\bar{R}$ – средняя прочность бетона из всех образцов в T сериях;

d – коэффициент, равный 1,69 (для трех образцов в серии).

В расчет включают только те серии, в которых нет отклонения от средней по серии прочности более чем на 15%.

3.2. В случае если внутрисерийный коэффициент вариации больше 5%, определяют причину этого явления.

Для этого проводят испытания 3–4 серий образцов, приготовленных из лабораторных замесов.

Если в этом случае внутрисерийный коэффициент вариации будет меньше 5%, причину следует искать в дефектах заводского технологического оборудования, если он будет больше 5% причина кроется в дефектах лабораторного оборудования и в методике изготовления, хранения и испытания образцов.

4. Определение контролируемых периодов

4.1. Статистический контроль применяют для учета фактической изменчивости прочности:

при регулировании состава бетона или контроле прочности бетона на небольших участках дороги;

промежуточной сдаче заказчику отдельных участков построенного покрытия;

окончательной сдаче заказчику участков дороги, построенных за один строительный сезон.

4.2. Для регулирования состава бетона анализируются данные контроля за неделю, т.е. по 6 сериям.

Этот объем условно называется партией. При пятидневной рабочей неделе допускается в партию включать 5 серий.

Для сдачи отдельных участков дороги в эксплуатацию пользуются данными испытаний, накопленными в течение так называемого "контролируемого" периода, равного 1 месяцу или соответственно объему в 3-4партии.

Для оценки прочности бетона при сдаче покрытия, построенного в течение сезона, обрабатывают данные испытаний, накопленные за так называемый "оцениваемый" период, максимальной длительностью 4-5 месяцев (сезон) и минимальной - несколько контролируемых периодов, между которыми не наблюдается резких изменений в средней прочности бетона.

4.3. Включение партий в контролируемый период, входящий в оцениваемый (выбор длительности этих периодов), можно производить только в случае, если среднее прочности между мелкими партиями, объединяемые в более крупные, не отличаются более чем на 5%, а коэффициенты вариации в этих партиях различаются не более чем на 2% и по абсолютной величине не превышают 10%. Если эти пределы превышены, выполняют контроль по одной или нескольким сходным партиям. При небольшой длительности периодов с резкими отклонениями в прочности (менее 6 серий) для дополнительного анализа возникшего случая пользуются данными дополнительного контроля.

5. Регулирование прочности бетона в процессе строительства

5.1. Контроль и регулирование прочности бетона в начале строительного сезона выполняют на основе партионного статистического контроля с использованием

данных испытаний не менее двух партий (т.е. не менее 10–12 серий).

В дальнейшем в процессе строительства прочность бетона контролируют и регулируют после испытания каждой последующей партии с использованием данных по предыдущим партиям.

При обработке данных учитывают только те серии, в которых нет отклонений от средней величины прочности по серии в каком-либо образце более чем на 15%.

Контроль и регулирование прочности по партиям (неделям работы бетонного завода) проводят в такой последовательности.

5.2. В течение первой недели работы ЦБЗ, когда образцы еще не набрали нужного для испытания возраста, состав бетона принимается на основе испытаний двух лабораторных серий (см.п.2.3).

5.3. В течение второй недели работы завода до накопления достаточного количества данных ведется нестатистический контроль. В случае если после испытания и обработки данных первых двух серий требуемая прочность по табл.1 окажется выше фактической, необходимо изменить состав бетона в целях повышения его прочности.

5.4. В конце второй недели работы бетонного завода статистически обрабатывают данные испытания первой партии (6 серий). Определяют среднюю партионную прочность при сжатии и на растяжение при изгибе, а также партионный коэффициент вариации.

Среднюю партионную прочность при сжатии или на растяжение при изгибе вычисляют по данным испытания образцов в возрасте 7 суток с приведением этих данных к прочности на 28-й день по формуле

$$\bar{R}_n^{\Phi} = \frac{\bar{R}_{c1}^{\Phi} + \bar{R}_{c2}^{\Phi} + \ldots + \bar{R}_{cn}^{\Phi}}{n_n} K_R \,, \qquad (4)$$

где $\bar{R}_c^{\Phi}$ – средние прочности внутри серии из трех образцов;

$n_п$ – количество серий (проб) в партии;

K_R – коэффициент приведения прочности бетона на 28-е сутки, определяемый по данным лабораторных испытаний.

Определяется также партионный коэффициент вариации в процентах по формуле

$$V_п = \frac{(\bar{R}^{\Phi}_{c.max} - \bar{R}^{\Phi}_{c.мин}) \cdot 100}{d \cdot \bar{R}^{\Phi}_{п}} K_v \,, \qquad (5)$$

где $\bar{R}^{\Phi}_{c.max}$ и $\bar{R}^{\Phi}_{c.мин}$ – наибольшая и наименьшая средние прочности по сериям;

d – коэффициент, зависящий от количества серий в партии и определяемый по табл.2;

K_v – коэффициент приведения к коэффициенту вариации по прочности на 28-е сутки, определяемый для первой партии по данным лабораторных испытаний.

Эти вычисления проводят по значениям прочности при сжатии и на растяжение при изгибе.

В зависимости от найденного коэффициента вариации и количества проб в партии по табл.1 и с учетом п.1.5 определяют требуемые прочности (средние по партии и минимальные) отдельно при сжатии и на растяжение при изгибе. Если окажется, что требуемые средние и минимальные прочности будут выше фактических, изменяют состав бетона в целях повышения его прочности.

Если требуемая по табл.1 прочность будет ниже фактической (до получения данных по второй партии), из-

меняют состав бетона в целях понижения его прочности, но только до половины требуемого снижения и не более чем до уровня марки бетона. Из двух прочностей (при сжатии и на растяжение при изгибе) в расчет принимают только прочности с минимальным значением и прочности с максимальным коэффициентом вариации.

5.5. После получения данных по второй партии (к концу третьей недели работы завода) и определения для нее средней прочности $\bar{R}^{\Phi}_{n2}$ и коэффициента вариации V_{n2} поступают следующим образом. Если однородность бетона во второй партии снизилась, т. е. $V_{n2} > V_{n1}$, то в соответствии с табл.1 увеличивают прочность бетона до требуемой величины. Если же однородность осталась такой же, как по первой партии, или же повысилась, то оставляют без изменений ранее проведенное снижение прочности (в половинном размере), но без ограничения по марке бетона, а сообразуясь только с ограничениями п.1.5.

5.6. Получив данные статистической обработки по третьей партии, так же как и выше, при необходимости, повышают прочность до требуемого уровня или понижают - только на половину того, что требуется по табл.1, по сравнению с ранее проведенным снижением и с учетом ограничений п.1.5. Например, при одинаковом (на 10%) требуемом снижении прочности в результате обработки данных второй и третьей партий после статистической обработки результатов второй партии прочность можно снизить на 5%, а после обработки третьей партии прочность можно снизить еще на 2,5% (общее снижение - 7,5%). Аналогично поступают после статистической обработки следующих партий.

5.7. После получения данных по прочности на 28-й день корректируют коэффициент приведения прочности бетона, сравнивая средние прочности по партиям 7- и 28-дневных образцов. При большом количестве 28-днев-

ных образцов по данным их испытания путем сравнения корректируют также и коэффициенты вариации по формуле (5).

5.8. При последующей работе бетонного завода могут быть в отдельных партиях серии с прочностью ниже минимальной прочности, установленной по табл. 1, но выше минимально допустимого уровня по п.1.5. Если до этого в предыдущих девяти сериях аналогичного явления не наблюдалось, то вмешательство в технологический процесс нецелесообразно. Отмечается лишь дата падения прочности, чтобы в последующем проанализировать пробу в масштабе контролируемого и оцениваемого периодов.

5.9. Если в предыдущих девяти сериях был подобный случай, то следует откорректировать состав бетона с целью повысить или понизить его прочность или установить и устранить причины нарушения технологического процесса или методов испытания.

5.10. Если при партионном контроле обнаружится, что одна из серий имеет минимальную прочность (например, при сжатии или на растяжение при изгибе) ниже допускаемой по п.1.5, т.е. ниже 0,73 R_g, а по другому виду прочности (например, на растяжение при изгибе) за этот же день показатель выше, чем 0,73 R_g, то данные с минимальной прочностью бракуют и в расчетах не учитывают.

Если такие отступления наблюдают одновременно при сжатии и при изгибе или только при изгибе, необходимо бетон, приготовленный за данное число, проверить на прочность в покрытии с помощью выбуренных кернов.

При аналогичных отступлениях в прочности бетона на следующий день (т.е. на 7-й день после изготовления бетона) требуется немедленно изменить состав бетона или технологию приготовления бетонной смеси.

5.11. При поступлении во время строительства ма-

териалов, не обеспечивающих ранее достигнутой однородности бетона, регулирование прочности, не ожидая данных испытания образцов из новых материалов, выполняют сначала в последовательности, изложенной в пп.5.1-5.10.

5.12. Партионный контроль ведется в форме №1 приложения (цифры в форме № 1 записаны для примера).

Данные партионного контроля периодически, не реже одного раза в месяц, проверяет представитель дирекции строящейся дороги с фиксацией этой проверки соответствующей записью по форме № 1 партионного контроля. При проверке данных в присутствии проверяющего на месте укладки бетона в покрытие контролируют количество вовлеченного в бетон воздуха, фиксируя этот контроль соответствующей записью на листе партионного контроля или в журнале работ.

6. Статистический контроль и анализ при сдаче построенных участков покрытия в эксплуатацию

6.1. При сдаче покрытия во временную или постоянную эксплуатацию предъявляют данные партионного контроля и составленного на его основе статистического контроля за контролируемый (для промежуточной сдачи в конце месяца) и за оцениваемый (при окончательной сдаче покрытия в конце строительного сезона) периоды.

6.2. Средние прочности (при сжатии и на растяжение при изгибе) за контролируемый период определяют по формуле

$$\bar{R}_K^{\Phi} = \frac{n_{n1} \cdot \bar{R}_{n1}^{\Phi} + n_{n2} \cdot \bar{R}_{n2}^{\Phi} + \ldots + \bar{R}_{nn}^{\Phi} \cdot n_{nn}}{n_{n1} + n_{n2} + \ldots + n_{nn}}, \quad (6)$$

где $n_п$ – количество серий в каждой партии в контролируемом периоде.

При одинаковом количестве серий в каждом периоде

$$\bar{R}^{ф}_{к} = \frac{\bar{R}^{ф}_{п1} + \bar{R}^{ф}_{п2} + \ldots + \bar{R}^{ф}_{пп}}{n_к}, \qquad (7)$$

где $n_к$ – количество партий в контролируемом периоде.

6.3. Определяют коэффициент вариации $v_к$ (при сжатии и на растяжение при изгибе) за контролируемый период.

Если количество серий n в периоде меньше 20, коэффициент вариации $v_к$ определяют по формуле(5), если больше, то используют формулу

$$v_к = \frac{100 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\bar{R}^{ф}_{i} - \bar{R}^{ф}_{к})^2}{n-1}}}{\bar{R}^{ф}_{к}}, \qquad (8)$$

где n – количество серий в контролируемом периоде.

Для сокращения вычислительных работ целесообразно данные контроля сгруппировать по интервалам прочности (например, 345–349, 350–354 кгс/см^2 и т.д. или 45–47, 47–49 кгс/см^2), учитывая только средние значения интервалов (347, 352 или 46, 49 и т.д.), а также величину интервала (5 кгс/см^2 на испытание при сжатии и 3 кгс/см^2 – на растяжение при изгибе). В этом случае коэффициент вариации определяют по формуле

$$V_K = \frac{100 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{p} m_i (\bar{X}_i - \bar{R}_K^{\Phi})^2}{n-1}}}{\bar{R}_K^{\Phi}}, \qquad (9)$$

где $\bar{X}_i$ – средние значения интервалов;
m_i – количество серий в данном интервале;
p – количество интервалов;
n – количество серий в контролируемом периоде.

Для сравнения вычисляется средний по партиям коэффициент вариации.

6.4. Данные за контролируемый период записывают по форме № 2, приведенной в приложении (цифры в форме № 2 заполнены для примера). Определяют места (пикеты) в покрытии, построенном в дни, когда средняя прочность серий была меньше минимально допустимой (см.п.1.5 и п.5.1), для проведения на этих участках покрытия дополнительного контроля по выбуренным кернам.

6.5. Для сдачи дорожного покрытия в постоянную эксплуатацию (в конце сезона) представляют данные по партионному контролю за контролируемые периоды (т.е. за каждый месяц), а также статистический анализ за оцениваемый период, т.е. за весь сезон.

Длительность оцениваемых периодов определяют по условию сходности средних прочностей за контролируемые периоды (см. раздел 4).

6.6. Пользуясь формулами (6) и (7), определяют значения средних прочностей за оцениваемый период, а также средний коэффициент вариации по контролируемым периодам по формуле

$$V_o = \bar{V}_K = \frac{n_1 V_{K1} + n_2 V_{K2} + \ldots + n_n V_{Kn}}{n_1 + n_2 + \ldots + n_n}, \qquad (10)$$

где n_1 ; n_2 ; n_n – количество серий в каждом контролируемом периоде.

6.7. Данные испытаний 28-суточных образцов обрабатывают отдельно в конце строительного сезона или при сдаче покрытия в эксплуатацию. Обработка проводится по форме № 2 приложения. Для текущего контроля состава бетона данные 28-суточных образцов используют только в качестве основы для корректирования коэффициента приведения.

6.8. Данные статистического контроля за оцениваемые периоды фиксируют по форме № 3 приложения (цифры записаны для примера).

7. Меры по обеспечению достоверности данных испытания

7.1. Статистический контроль в соответствии с настоящими "Методическими рекомендациями" и снижение на основе контроля средней прочности бетона возможны только при условии полной достоверности данных испытаний. Предпосылкой правильного ведения журналов испытания является наличие разброса в прочности бетона в соответствии с фактической практикой испытания образцов.

7.2. При возникновении разногласий по поводу полученных результатов данные испытания образцов и план трассы с данными контроля и их статистической обработки направляют для подтверждения в Союздорнии, который на основе специальных методов анализа должен подтвердить достоверность контроля.

7.3. При обнаружении несоответствия материалов отчетности данным проведенного контроля дорожное покрытие принимается по данным испытания кернов.

Приложение
Форма № I

Текущий статистический партионный контроль прочности бетона при строительстве автомобильной дороги

..... ПК .....

Проектная прочность (марка) бетона при сжатии 350 кгс/см², на растяжение при изгибе 50 кгс/см²

Допускаемое снижение средней прочности при сжатии – до 315 кгс/см², на растяжение при изгибе – до 45 кгс/см²

Допускаемое снижение минимальной прочности по серии до 260/32 кгс/см²

Номер серии	Дата изготовления, число, месяц 197...г.	Среднесуточная температура перепада покрытия, °С	Количество вовлеченного воздуха в покрытии, %	Прочность, кгс/см², при нормальном твердении: при сжатии: средняя из трех образцов (с учетом R_n)	при сжатии: $\bar{R}_n^{\Phi}$ / $\bar{v}_n$, %	при сжатии: требуемая $\bar{R}_n^{T}$ / $\bar{R}_{n\,min}^{T} = \bar{R}_c^{T}$ (см. табл. I)	на растяжение при изгибе: средняя из трех образцов	на растяжение при изгибе: $\bar{R}_n^{\Phi}$ / $\bar{v}_n$, %	на растяжение при изгибе: требуемая $\bar{R}_n^{T}$ / $\bar{R}_{n\,min}^{T} = \bar{R}_c^{T}$ (см. табл. I)	Анализ результатов испытаний
I	20.4	5,I	4,5	3I5			48,8			
2	2I.4	5,6	5,0	403			56,4			
3	22.4	5,8	6,5	399	35I	340 (97%)	55,4	5I,I	45 (90%)	Учитывая сравнительно низкую прочность при изгибе, уменьшать общую прочность бетона пока нецелесообразно. Поскольку среднесуточная температура стала выше I0°С, дополнительно кубы изготовлять не следует. Поскольку однородность данных испытания кубов оказалась ниже, чем балок, следует проверить условия приготовления и хранения кубов
4	23.4	6,8	5,0	337	I0,3	305 (87%)	43,I	5,86	36,5 (81%)	
5	24.4	6,3	5,0	355			49,6			
6	25.4	5,2	4,5	346			53,2			
7	27.4	5,8	5,0	358			47,7			
8	28.4	6,2	5,2	362			45,I			
9	39.4	3,9	5,8	349	349	3I4 (90%)	49,7	47,5	45 (90%)	
I0	30.4	6,9	6,0	339	3,8	270 (77%)	45,4	5,9	40 (80%)	
II	4.5	8,8	5,8	358			52,I			
I2	5.5	I0,8	5,3	328						
I3	6.5	I2,5	5,5	358			45,6			Прочность на растяжение при изгибе серии I8 не учитывается, поскольку прочность при сжатии достаточно высокая. Необходимо проанализировать условия приготовления и хранения балок
I4	7.5	I3,8	5,0	328			4I,5			
I5	8.5	I5,4	5,2	357	36I	3I5 (90%)	46,0	43,0	45 (90%)	
I6	II.5	I4,0	4,8	358	5,8	280 (80%)	4I,8	5,5	40 (80%)	
I7	I2.5	I0,7	5,7	373			40,5			
I8	I3.5	I5,5	5,2	368			38,4			
I9	I4.5	I2,6	5,4	329			49,9			Учитывая соотношение прочностей на растяжение при изгибе, можно снизить прочность бетона на 5%
20	I5.5	I3,0	5,I	35I			53,2			
2I	I6.5	I4,0	5,2	385	356	3I5 (90%)	56,0	54,6	57,5 (I03%)	
22	I8.5	I3,5	5,6	394	8,3	294 (84%)	65,0	I3,5	45,0 (90%)	
23	I9.5	I5,0	5,8	357			57,4			
24	20.5	I6,0	5,I	3I9			46,3			
25	2I.5	I7,0	5,0	383			55,2			Необходимо проверить среднесуточную температуру в камере нормального хранения. Если она не выше 20°С, а недостатки хранения балок устранены, можно снижать прочность бетона еще на 2,5%, если температура в пропарочной камере выше 20°С, необходимо провести соответствующий анализ.
26	22.5	I8,0	4,5	380			60,7			
27	23.5	I7,5	5,8	370	364	3I5 (90%)	66,5	56,7	5I,5 (I03%)	
28	25.5	I3,5	6,0	350	3,6	270 (77%)	54,8	II,4	45 (90%)	
29	26.5	I6,5	6,I	355			50,I			
30	27.5	I7,3	5,3	350			53,2			

Примечание. Измерения в присутствии представителя дирекции проведены 27.5.I97..г.

Представитель дирекции подпись

Главный инженер СУ подпись

Нач.лаборатории подпись

Форма № 2

Статистический контроль
прочности бетона за контролируемый период с 20 апреля по 22 мая 19___ года

Автомобильная дорога _____ ПК
Проектная марка бетона 330/50

Таблица 1

Прочность при сжатии основного контроля

№ пп	Середина интервалов, X_i, кгс/см^2	Количество серий в интервале m_i, шт.	Средняя прочность $R_к$, кгс/см^2	$X_i - R_к^{ф}$	$(X_i - R_к^{ф})^2$	$m_i(X_i - R_к^{ф})^2$
1	320	2		37	1370	2740
2	330	3		27	727	2180
3	340	2		17	288	576
4	350	7	357	7	49	343
5	330	6		3	9	54
6	370	3		13	169	507
7	380	4		23	529	2116
8	390	1		33	1089	1089
9	400	2		43	1849	3698
	Итого: 30					13303

$$v_к = \frac{100}{357} \cdot \sqrt{\frac{13303}{29}} = \frac{100}{357} \cdot \sqrt{459} = \frac{100 \cdot 21{,}4}{357} = 6\%.$$

Коэффициент вариации, средний по партиям, $\overline{v_п} = 6{,}35$.

Таблица 2

Прочность на растяжение при изгибе основного контроля

№ пп	Середина интервалов x_i	Количество серий в интервале m_i	Средняя прочность $\bar{R}_к^ф$, кгс/см^2	$x_i - \bar{R}_к^ф$	$(x_i - \bar{R}_к^ф)^2$	$m_i (x_i - \bar{R}_к^ф)^2$
1	41	3		9,5	90,5	281
2	44	4		6,5	42,3	127
3	47	4		3,5	12,2	36,6
4	50	5		0,5	0,2	40,6
			50,5			
5	53	5		2,5	6,2	18,6
6	56	5		5,3	28,1	84,3
7	59	1		8,3	6,9	20,7
8	62	–	–	–	–	–
9	65	2		14,3	204,0	612,0
Итого:		29				1180,8

$$v_к = \frac{100 \cdot \sqrt{\frac{11808}{28}}}{50,5} = \frac{100 \cdot \sqrt{65}}{50,5} = 12,9\%.$$

Средний по партиям коэффициент вариации $\bar{v}_п = 8,35$.

Форма № 3

Статистический контроль
прочности бетона за оцениваемый период (апрель–октябрь 197__г.)

Автомобильная дорога _____ ПК

№ пп	Месяц строительства	При сжатии				На растяжение при изгибе			
		$\frac{\bar{R}_к^ф}{R_{к\,min}^ф}$	$v_к$, %	$\frac{\bar{R}_к^т}{R_{к\,min}^т}$	$\frac{\bar{R}_o^ф}{v_o = \bar{v}_к}$	$\frac{\bar{R}_к^ф}{R_{к\,min}^ф}$	$v_к$, %	$\frac{\bar{R}_к^т}{R_{к\,min}^т}$	$\frac{\bar{R}_o^ф}{v = \bar{v}_к}$
1	Апрель–май	357/315	6,0	315/283		50,5/41,5	12,9	49,0/43,0	
2	Июнь	348/326	5,8	315/283		49,6/42,5	8,6	45,0/40,5	
3	Июль	322/308	4,8	315/283	339/6,18%	46,3/40,2	6,3	45,0/39,5	4,76/7,82%
4	Август	336/320	5,6	315/283		44,8/41,2	7,0	45,0/39,5	

5	Сентябрь	328 295	8,6	315 294			46,3 40,6	6,2	45,0 38,0
6	Октябрь	340 315	6,3	215 287			48,3 42,1	5,9	45,0 39,0

Примечания: 1. В соответствии с п.1.7 по однородности бетона можно поставить оценку "отлично".

2. Средняя прочность бетона 339/42,6 кгс/см^2 выше допускаемой средней прочности бетона, которая для полученного коэффициента вариации v_0 = 7,82% по табл.1 равна 315/45 кгс/см^2.

Главный инженер треста подпись

Оглавление

	Стр.
Предисловие	3
1. Общие положения	4
2. Порядок отбора образцов и проведения испытаний	12
3. Определение пригодности оборудования для статистического метода контроля	14
4. Определение контролируемых периодов	15
5. Регулирование прочности бетона в процессе строительства	16
6. Статистический контроль и анализ при сдаче построенных участков покрытия в эксплуатацию	21
7. Меры по обеспечению достоверности данных испытаний	24
Приложение	25

Ответственный за выпуск инж.В.Е.Губанов

Редактор О.А.Ильина
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор Л.В.Королева

Подписано к печати 18/1 1977г. Формат 60x84/16
Л 114229

Заказ 59-7 Тираж 600 2,0уч.-изд.л. Цена 22 коп.
2,0печ.л.

Ротапринт Союздорнии

gost.e-ecolog.ru