Научно-исследовательский институт
бетона и железобетона
Госстроя СССР
НИИЖБ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по определению прочностных и структурных характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении

Р-10-76

НИИЖБ

Утверждены
директором НИИЖБ
18 февраля 1976 г.

Москва - 1976

gost.e-ecolog.ru

УДК 691.327:539.376

Рекомендации содержат основные методические положения по статическим испытаниям бетонов (тяжелых, на пористых заполнителях и ячеистых) для определения их прочностных и структурных характеристик при кратковременном и длительном нагружении.

Методические рекомендации предназначены для научных и инженерно-технических работников институтов и строительных лабораторий.

© НИИЖБ Госстроя СССР, 1976

П Р Е Д И С Л О В И Е

В настоящих Рекомендациях изложены методические положения по определению важнейших прочностных, структурных и деформативных характеристик бетонов (тяжелых, на пористых заполнителях и ячеистых), необходимых для разработки и составления правил по проектированию бетонных и железобетонных конструкций в соответствии с требованиями главы СНиП II-21-75 "Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования".

Использование Рекомендаций позволит унифицировать методы испытания бетонов, сопоставлять результаты испытаний и обобщать их при разработке нормативных документов.

Рекомендации разработаны Центральной лабораторией теории железобетона НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн. наук., проф. А.А.Гвоздев, кандидаты техн. наук А.В.Яшин, А.Е.Сегалов) при участии кандидатов техн. наук Г.А.Бужевича, Г.П.Курасовой, Б.А.Новикова, К.М.Романовской, а также ЦНИИ строительных конструкций Госстроя СССР (кандидаты техн. наук Н.И.Левин, Ю.К.Жулев, инж. А.И.Кочетов).

Все замечания и предложения по содержанию настоящих Методических рекомендаций просьба направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, Ж-389, 2-ая Институтская ул., д. 6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации предназначены в основном для научно-исследовательских целей и распространяются на методику статических испытаний тяжелых, на пористых заполнителях и ячеистых бетонов, проводимых для определения прочностных, деформативных и структурных характеристик бетонов при сжатии и растяжении, установления влияния на эти характеристики различных факторов (состава бетона, технологии его изготовления, условий твердения, различных воздействий внешней среды и т.п.).

I.2. Рекомендации содержат требования, касающиеся правил и методов проведения статических испытаний бетона, определения его прочностных и деформативных характеристик:

прочности на сжатие контрольных кубов (цилиндров);

призменной прочности;

прочности на осевое растяжение, на растяжение при изгибе и раскалывании;

начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении;

сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии и его коэффициента поперечных деформаций;

длительного сопротивления бетона, его предельной деформации при сжатии и растяжении, а также коэффициента поперечных деформаций при сжатии в условиях длительного нагружения.

2. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНОВ

2.I. Бетоны для опытных образцов и исходные материалы к ним приготавливаются в соответствии с требованиями нормативных документов.

2.2. Для оценки качества исходных материалов, применяемых для приготовления бетона, производится испытание их в соответствии с действующими стандартами. Цементы применяют по ГОСТ I0178-62* и их испытание производится по ГОСТ 310-60. Заполнители для тяжелого бетона применяют по ГОСТ I0268-70, ГОСТ 8269-64 и ГОСТ 8735-65. Пористые за-

полнители применяют по ГОСТ 9759-71, ГОСТ 11991-66, ГОСТ 9758-68. Материалы для ячеистых бетонов применяют в соответствии с "Инструкцией по технологии изготовления изделий из ячеистых бетонов" СН 277-70 (М., Стройиздат, 1971).

При этом в журналах испытания необходимо указывать следующие основные характеристики:

а) Для вяжущих материалов:

вид вяжущего и завод-изготовитель, а при применении чистых клинкеров - их химический и минералогический состав;

активность цемента по ГОСТ 310-60 и его марку по ГОСТ 10178-62;

дисперсность вяжущего (удельная поверхность) для цементов незаводского помола;

сроки схватывания цемента и нормальную густоту цементного теста.

б) Для заполнителей:

вид заполнителя, а для высокопрочных тяжелых бетонов и бетонов на пористых заполнителях - прочность заполнителя;

объемную массу в насыпном и уплотненном состоянии, а также удельную массу заполнителей, а для пористых заполнителей - и в куске;

зерновой состав заполнителей;

водопоглощение заполнителя по массе;

коэффициент размягчения для пористых заполнителей;

содержание вредных примесей.

в) Для добавок к вяжущим:

вид добавки и процентное ее содержание к массе вяжущего;

активность добавки.

3. СОСТАВ БЕТОННОЙ СМЕСИ, ОБЪЕМНАЯ МАССА И ПЛОТНОСТЬ БЕТОНА

3.I. Состав бетонной смеси подбирается в соответствии с действующими инструктивно-нормативными документами.[x] В журналах испытаний необходимо указывать расход всех составляющих в кг на I м^3 свежеуложенной бетонной смеси в уплотненном состоянии (массу заполнителей - в воздушно-сухом состоянии). Водоцементное отношение В/Ц указывается по массе с учетом воды, содержащейся в заполнителях, а для бетонов на пористых заполнителях-с учетом водопоглощения ее заполнителем.

3.2. В журнале испытания следует указывать подвижность(удобообрабатываемость) бетонной смеси. Для тяжелого бетона и на пористых заполнителях подвижность определяется по осадке стандартного конуса (в см) и на техническом вискозиметре (жесткость в с) по ГОСТ I0I8I-62 и ГОСТ II05I-70. Для смесей с нуле в о й осадкой конуса определяется только жесткость бетонной смеси . Для ячеистого бетона подвижность определяется по диаметру расплыва (в см) в приборе Суттарда по СН 277-70.

3.3. Объемную массу бетона, получаемую как частное от деления массы образца в естественном состоянии на его объем, определяют в соответствии с действующими стандартами: ГОСТ I2730-67 , ГОСТ II050-64 и ГОСТ I2852-67.

3.4. При необходимости производят определение показателя плотности и водопоглощения, а также общей пористости и весовой влажности бетона.

4. ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ, ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ И УСЛОВИЯ ТВЕРДЕНИЯ

4.I. С целью сопоставления отдельных результатов испытания при определении прочностных и деформативных свойств необходимо использовать для всех видов бетонов образцы стандартной формы и

---

x) См. "Инструкцию по расчету состава и контролю прочности высокопрочных бетонов" (М., Стройиздат, 1968) "Руководство по подбору составов конструктивных легких бетонов на пористых заполнителях" (М., Стройиздат, 1975), "Инструкцию по технологии изготовления изделий из ячеистых бетонов (СН 277-70)", "Рекомендации по ускоренной оценке качества цемента в бетоне и назначению его состава" (М., Стройиздат, 1975).

размеров. При применении нестандартных образцов (по особым условиям опыта) необходимо предусматривать ограниченное число стандартных образцов (3-6 и более, в зависимости от разброса значений прочности бетона), изготовляемых из того же замеса, что и нестандартные образцы.

Проверку неплоскостности опорных поверхностей образцов и неперпендикулярности их смежных граней производят в соответствии с ГОСТ 10180-74.

4.2. При определении прочностных и деформативных характеристик всех видов бетона следует использовать следующие образцы:

а) при определении прочности на сжатие и прочности на растяжение при раскалывании - кубы с размером ребра 150 мм, а также высверленные образцы в соответствии с п. 5.2 настоящих Рекомендаций. Для ячеистого бетона дополнительно определяется прочность на сжатие в сухом состоянии на кубах с ребром 100 мм;

б) при определении призменной прочности и деформативных характеристик бетона при сжатии - призмы сечением 15x15 см и высотой 60 см, а также сечением 10x10 см и высотой 40 см;

в) при определении прочности на осевое растяжение, деформативных характеристик бетона при растяжении и прочности на растяжение при изгибе-призмы сечением 10x10 см и высотой 40 см, а также сечением 15x15 см и высотой 60 см.

Примечания: 1. Определение прочностных и деформативных характеристик ячеистого бетона рекомендуется производить по возможности на выпиленных или высверленных образцах.
2. При испытаниях призм необходимо параллельно определять прочность на сжатие кубов (с ребром 15 см для всех бетонов).

4.3. Для сопоставления различных характеристик бетона рекомендуется все образцы изготовлять из одного и того же замеса, уплотнять одними и теми же методами. Допустимое отклонение объемных масс отдельных образцов от среднего значения их в серии не должно превышать $\pm$ 20 кг/м^3 для всех видов бетонов. Средняя величина объемной массы в серии не должна отклоняться от средней величины в партии более, чем на $\pm$ 20 кг/м^3.

Наибольший размер зерен заполнителя при изготовлении образцов не должен превышать 1/4 размера их поперечного сечения.

Стандартные призмы изготовляются в формах в горизонтальном положении.

4.4. Формы для изготовления образцов должны быть разъемными и сделаны из твердого, не впитывающего воду материала. Они должны быть жесткими, чтобы не деформировались во время формования и тепловой обработки. Соединения элементов форм между собой должны быть плотными, исключающими утечку при формовании и "цементного молока". Внутренние поверхности форм (днище, стенки) должны быть строганными или шлифованными (класс чистоты поверхности не ниже ▽ 7 по ГОСТ 2789-73). Отклонение от прямого угла между гранями собранных форм не должно превышать 0,5 мм на длине 100 мм для новых форм и 1,0 мм на длине 100 мм для форм, находящихся в эксплуатации. Искривление граней форм из плоскости не должно превышать 0,03 мм на длине 100 мм для новых форм и 0,04 мм на длине 100 мм для форм, находящихся в эксплуатации.

Внутренние поверхности форм следует смазывать тонким слоем минерального масла или специальной смазкой, препятствующей прилипанию бетона к формам и не вызывающей коррозии бетона. Соответствие форм требованиям ГОСТ 10180-74 необходимо проверять не реже одного раза в 3 мес.

4.5. Перед формованием форму закрепляют на вибрационной площадке (с частотой 50 ± 3 кол./с и амплитудой от 0,34 мм до 0,5 мм) зажимами или при помощи магнитов. Вибрирование бетонной смеси в форме продолжают до полного прекращения ее оседания, выравнивания ее поверхности и появления на ней цементного раствора, но не менее времени, соответствующего показателю жесткости, увеличенному на 30 с. После окончания вибрирования избыток бетонной смеси срезают вровень с краями формы с последующим заглаживанием поверхности мастерком. При изготовлении образцов вместе с изделиями должна быть обеспечена одинаковая плотность бетона (величины отклонения объемных масс бетона принимаются согласно п. 4.3 настоящих Рекомендаций). Интервал времени между изготовлением первого и последнего образца из одного и того же замеса должен быть не больше одного часа, а при температуре воздуха более 30°С - не более 20 мин.

4.6. Отформованные образцы из тяжелого и на пористых заполнителях бетонов естественного твердения хранят в течение 2 - 3

сут в формах, укрытых от высыхания, при температуре помещения 20 ± 2^{0}С. После распалубливания образцы помещают в камеру "нормального твердения" (с относительной влажностью воздуха не менее 90% и температурой 20 ± 5^{0}С) или под влажным укрытием и выдерживают там до момента их испытания в соответствии с п. 8.7 настоящих Рекомендаций. Допускается хранение образцов в помещении с температурой воздуха 20 ± 5^{0}С во влажном песке.

После тепловой обработки образцы из тяжелого бетона и на пористых заполнителях необходимо помещать не позднее, чем через I сут в камеру "нормального твердения."

При хранении образцов в формах под укрытием у забетонированной конструкции они распалубливаются одновременно с распалубкой конструкции, в этом случае в журнале указываются температурно-влажностные условия твердения образцов до их испытания.

Для оценки правильности принятых составов бетона и технологии производства необходимо часть образцов выдерживать в условиях стандартного (нормального) хранения и испытывать в возрасте 28 сут, сравнивая их прочность с фактической прочностью образцов в возрасте 28 сут, прошедших тепловую обработку или находящихся в иных условиях твердения.

4.7. Образцы из ячеистого бетона после их автоклавной обработки до момента их испытания в соответствии с п. 8.7 настоящих Рекомендаций хранят в воздушно-сухих условиях в помещении с температурой воздуха 20 ± 5^{0}С. В этом случае в журнале испытаний указывается относительная влажность воздуха в помещении, при котором хранились образцы до испытания. Образцы из ячеистого бетона испытываются при естественной влажности и в высушенном состоянии с обязательным определением исходной влажности. Высушивание образцов производят в соответствии с ГОСТ I2852-67.

5. ВЫПИЛИВАНИЕ И ВЫСВЕРЛИВАНИЕ БЕТОННЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОНСТРУКЦИЙ

5.I. При проверке качества бетона в конструкциях определение его прочностных и деформативных характеристик производят на выпиленных или высверленных образцах. При этом необходимо обеспечить, чтобы прочность и несущая способность конструкций не снижались.

Обработка поверхности образцов обтеской не допускается. Высверленные или выпиленные образцы из тяжелого и на пористых заполнителях бетонов должны испытываться в возможно короткий срок после изготовления, который указывается в журнале. Целесообразно также одновременно определять и указывать влажность бетона, режим твердения. Порядок и схема выпиливания образцов из ячеистого бетона регламентируется ГОСТ 12852-67.

5.2. Помимо изготовления кубов (см. п. 4.2 настоящих Рекомендаций) высверливают при необходимости из конструкции цилиндры диаметром 10 см (отношение Д:Н = 1). На высверленных и выпиленных образцах нужно указать направление формования.

5.3. Для высверливания бетонных цилиндров из конструкций следует использовать стальные коронки в виде полых цилиндров, изготовленных из инструментальной легированной стали марок 5ХВ2С или 6ХВ2С по ГОСТ 5950-73 с алмазными резцами. Длина рабочей части коронки должна превышать не менее, чем втрое ее внутренний диаметр.

Диски пил, используемых для выпиливания кубических или призматических образцов, а также для опиливания торцов образцов, должны иметь алмазные резцы или резцы из твердых сплавов. Пилы должны быть снабжены устройствами, обеспечивающими строгое соответствие размеров выпиливаемых образцов заданным.

5.4. Выпиливание бетонных образцов из сборных конструкций и изделий можно производить на стационарных камнерезных станках. Размер образцов в данном случае определяют с учетом толщины конструкции и расположения в ней арматуры.

5.5. При выборе участка конструкции или изделия для высверливания или выпиливания бетонного образца следует избегать в этом месте наличия основной конструктивной арматуры (стержней и прутьев). При невозможности получения образцов, свободных от арматуры, они могут быть использованы для испытания на сжатие, если направление арматуры будет перпендикулярно действию силы и для испытания на изгиб, если арматура будет расположена параллельно действию силы.

Диаметр арматуры, ее расположение в образце и расстояние от опорных граней следует отметить в журнале испытания.

Маркировку образцов производят на той поверхности, откуда начали сверление или вырезку.

6. ПРЕССЫ И МАШИНЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ БЕТОНА

6.I. Испытание на сжатие следует производить на гидравлических прессах всех систем, отвечающих ГОСТ 8505-73, а на растяжение - на испытательных машинах всех систем, отвечающих ГОСТ 7855-68. Поверка и градуировка прессов и испытательных машин производят в соответствии с порядком, установленным Госкомитетом стандартов СМ СССР.

6.2 При выборе пресса и испытательной машины для испытания следует обратить особое внимание:

а) на правильный выбор прессов и их измерительной шкалы, на которой разрушающая нагрузка в соответствии с ГОСТ 10180- 74 должна укладываться в границах от 20 до 80% от максимального усилия, соответствующего выбранному диапазону;

б) на плавность нагружения образца с заданной скоростью (без ударов, толчков и пульсаций, действующих на образец и силоизмерительную систему) и возможность автоматической и ручной регулировки при поддержании нагрузки на определенном уровне;

в) на отсутствие значительного эксцентрицитета пресса или испытательной машины, вызванного некоторым смещением их центральной оси, а также люфтами, появляющимися в процессе эксплуатации и пр. При этом эксцентрицитет не должен превышать определенного значения, которое устанавливается, например, на основании проведения контрольных испытаний однородного эталонного образца, с шлифовальными торцами (класс чистоты поверхности не менее ▽ 7 по ГОСТ 2789-73) и центрировании его по геометричес -

кой оси. Причем упругие деформации по четырем граням образца-эталона при его сжатии не должны отклоняться от среднего значения более, чем на +10%, во всем диапазоне измеряемых усилий (эксцентрицитет пресса устанавливают при его поверке);

г) на предохранение частей пресса от засорения остатками разрушенного образца.

6.3. Пресс, на котором производится испытание, должен удовлетворять следующими требованиями:

а) иметь хорошее состояние шаровой опоры на одной из опорных плит пресса с возможностью ее легкого поворота в любом направлении;

б) иметь требуемую жесткость опорных плит пресса, при этом толщина их должна быть не менее 0,7 ÷ 0,8 а (где а - наибольший линейный размер опорной грани образца);

в) иметь достаточную чистоту обработки рабочих поверхностей плит пресса (класс чистоты не менее ▽ 7 по ГОСТ 2789-73) с устранением возможной выработки их в процессе эксплуатации;

г) при этом неплоскостность опорных поверхностей не должна превышать 0,04 мм в пределах длины 100 мм. При несоблюдении этого требования целесообразно применять дополнительные опорные плиты толщиной не менее 0,2а с выступами за опорную грань образ-

ца не менее, чем на 20-30 мм, и классом чистоты опорных поверхностей не менее ▽7 по ГОСТ 2789-73.

6.4. При проведении испытаний на прессе нужно обеспечить:

одинаковый зазор между верхней опорной плитой пресса и опорной гранью образца при испытании на прессе с нижней шаровой опорой. Требования к неплоскостности опорных поверхностей образцов должны отвечать требованиям к неплоскостности опорных поверхностей (см. п. 6.3 настоящих Рекомендаций). Для этой цели рекомендуется использовать для контроля щупы;

начальное прижатие образца к подушкам пресса с подвижной траверсой - путем подачи масла в цилиндр, а не путем перемещения самой траверсы.

6.5. При проведении испытания на испытательной машине нужно обеспечить:

надежное крепление анкерных приспособлений в захватах машины с исключением их поворота вокруг оси образца;

надежное центрирование образца с помощью применяемых анкерных приспособлений в захватах машины. При этом должно быть исключено разрушение образца в месте его контакта с анкерными приспособлениями.

Рекомендуемый тип анкерного приспособления приведен в приложении 4.

6.6. Рекомендуется перед началом испытаний установить, достаточна ли продольная жесткость пресса или испытательной машины (мерой жесткости может быть отношение максимально достигнутого значения приращения нагрузки в кН к приращению деформации между опорными (захватными) элементами пресса (испытательной машины) в мм. Показатель жесткости пресса или испытательной машины следует указывать в журнале испытания. Жесткость пресса следует устанавливать при его поверке. При этом с помощью домкрата можно создать усилие распора сжатия (растяжения) между опорными плоскостями (захватами), затем после снятия этого усилия замеряется сближение опорных подушек (захватов).

7. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ БЕТОНА НА СЖАТИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ

7.1. В зависимости от цели исследования, для длительного нагружения бетонных образцов используются различные типы устройства, на которых нагрузка в течение любого заданного периода времени поддерживается постоянной с помощью либо груза, подвешиваемого к неравноплечному рычагу, либо упругих пружин (тяг), либо сжатого газа (например, азота), либо сжатой жидкости (например, масла). Устройства в двух последних вариантах используются, как правило, для создания больших величин нагрузок.

7.2. Устройства для длительного нагружения должны обеспечить:

погрешность определения усилия не выше 2%;

возможность поддержания нагрузки постоянной в течение длительного срока наблюдения путем автоматической или ручной ее регулировки;

плавность нагружения (без ударов, толчков и пульсаций) при наличии гидравлической или пневмогидравлической системы или в других случаях нагружения - заданные ступени нагрузки в соответствии с п. 8.4. настоящих Рекомендаций;

возможность приложения осевой нагрузки путем применения шарнирных опор при сжатии или соответствующих анкерных захватов при растяжении, располагаемыми строго по оси устройства;

неизменность направления оси нагружения в течение всего времени испытания (например, путем создания достаточно жесткой загрузочной рамы);

равномерное распределение нагрузки по сечению образца(иметь требуемую жесткость опорных плит в соответствии с п. 6.3. настоящих Рекомендаций);

надежную работу и удобства в эксплуатации при соблюдении требований техники безопасности.

7.3. Опорные плиты устройств должны иметь класс чистоты поверхности не ниже ▽7 по ГОСТ 2789-73 и достаточную жесткость в соответствии с п. 6.3 настоящих Рекомендаций. Опорные плиты в плане должны выступать за опорную грань образца не менее, чем на 20-30 мм.

7.4. Захватные элементы и закрепляемые в них анкерные приспособления для образца на растяжение не должны поворачиваться вокруг его оси.

7.5. Поверку и градуировку устройств для длительного нагружения производят в соответствии с ГОСТ 8.I36.74.

7.6. Жесткость устройств для длительного нагружения так же как и прессов следует определять согласно п. 6.6. настоящих Рекомендаций.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА И ЕГО ДЕФОРМАТИВНОСТИ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

8.I. При выборе пресса или испытательной машины для испытания бетона следует руководствоваться положениями настоящих Рекомендаций.

8.2. Перед испытанием образцы маркируются, производится их визуальный осмотр и устанавливается состояние их поверхности (наличие раковин, крупных пор, выступов). Образцы должны иметь правильную геометрическую форму и параллельные опорные грани. Мелкие неровности на опорных гранях образцов устраняются с помощью шлифовального камня. Выравнивание граней раствором и усиление образцов обоймой (оголовником) не допускается. При необходимости образцы ровно опиливаются (см. п. 5.4 настоящих Рекомендаций) с целью удаления поверхностного слоя, например, при необходимости приклеивания стальных захватов при испытании на осевое растяжение.

Примечание. Испытание образцов с дефектами (околами) не допускается.

8.3. При определении кубиковой прочности, прочности на растяжение при изгибе или раскалывании нагрузка на образец должна возрастать по возможности непрерывно и равномерно до конца разрушения образца. Средняя скорость возрастания напряжения в указанных испытаниях должна быть:

а) от 0,2 до I,0 МПа/с при определении кубиковой прочности;

б) от 0,02 до 0,05 МПа/с при определении прочности на растяжение при изгибе или при раскалывании, что, примерно, обеспе-

чивает длительность испытания от 20 до 120 с (более продолжительную – для бетона высокой прочности и менее продолжительную – для бетона низкой прочности).

8.4. В испытаниях по определению призменной прочности, прочности на осевое растяжение и деформаций нагрузка на образец должна возрастать ступенями до конца разрушения. Величина двух первых ступеней составляет, примерно, 0,05 от ожидаемой разрушающей нагрузки P_p, затем величина ступени увеличивается вдвое. Начиная со ступени 0,8 P_p все последующие ступени нагружения целесообразно уменьшать до 0,05 P_p. На каждой ступени производится выдержка нагрузки, которая сохраняется постоянной в продолжение всего испытания. Выдержка нагрузки на каждой ступени не должна превышать 5 мин., а общая продолжительность испытания должна составлять не менее 20 мин. Допускается проведение испытаний с непрерывно возрастающей нагрузкой (до самого конца разрушения) с постоянной скоростью роста напряжения ($\frac{d\sigma}{dt} = const$), с общей продолжительностью испытания 20 мин.

8.5. Для получения полной диаграммы с нисходящей ветвью целесообразно производить нагружение с постоянной скоростью роста деформации ($\frac{d\varepsilon}{dt} = const$) и общей продолжительностью испытания 20 мин. Для этой цели необходимо снабжать прессы и машины приставками и использовать автоматическую запись деформации с масштабом увеличения не менее 200:1. Порядок нагружения записывают в журнале испытаний (приложение 1 и 2).

8.6. В испытаниях, указанных в п. 8.4 настоящих Рекомендаций, центрирование образцов производят либо с помощью специального приспособления без разгрузки образца, либо путем пробных нагрузок (до 0,2 P_p), либо другим способом, добиваясь при этом того, чтобы деформации крайних волокон по четырем граням образца не отклонялись от среднего значения более, чем на ±10%. Если к концу разрушения отклонения указанных деформаций от средней превысят ± 20%, то результаты испытания бракуются. При этом смещение геометрической оси образца относительно геометрической оси пресса не должно превышать 0,05 а.

8.7. Испытание бетонных образцов следует производить:

после автоклавной обработки бетона или его тепловой обработки без да[illegible]через 4–24 ч после ее окончания, но не позднее, чем через 2[illegible]8 сут.

в возрасте 28 сут как для бетонов естественного твердения, так и с тепловой обработкой.

Образцы из бетоны, твердевшие в воде или бетоны, предназначенные для работы в водонасыщенном состоянии, испытываются во влажном состоянии не позже, чем через 2 ч после выемки из воды.

Примечания: I. Во всех возрастах образцы из тяжелого бетона и на пористых заполнителях испытываются в состоянии естественной влажности, которую целесообразно указывать. Образцы из ячеистого бетона испытываются как в состоянии естественной влажности, так и в высушенном состоянии.

2. При твердении образцов в камере "нормального твердения" или под влажным укрытием испытание производится через I сут после извлечения их из камеры (снятия укрытия) с выдерживанием их до испытания в воздушно-сухих условиях при температуре воздуха 20 ± 5°С.

3. При высушивании ячеистого бетона (см. п. 4.2 настоящих Рекомендаций) испытание его производится через 4-5 ч после окончания высушивания в охлажденном состоянии.

8.8. До испытания образцы взвешивают и обмеряют для последующего определения их объемной массы. В процессе испытания фиксируется нагрузка, при этом прочность на сжатие кубов и на осевое растяжение определяется на стандартных образцах по формуле

$$R = \frac{P}{F}, \qquad (I)$$

где P - максимальная нагрузка, вызывающая разрушение образца при сжатии (растяжении);

F - площадь поперечного сечения образца. Измерение размеров образца производят в соответствии с ГОСТ 10180-74. Среднюю величину прочности бетона на сжатие (растяжение) и показатель ее изменчивости (коэффициент вариации) определяют в соответствии с ГОСТ 10180-74.

При определении прочностных и деформативных характеристик бетонов показатели изменчивости их прочности по нескольким сериям образцов не должны превышать:

для тяжелого бетона и бетона на пористых заполнителях 7% при сжатии и 12% при растяжении;

для ячеистого бетона 12% при сжатии и 17% при растяжении.

При массовом контроле однородности и прочности показатели изменчивости прочности бетона устанавливаются в соответствии с принятыми методами контроля.

8.9. При измерении деформации образцов целесообразно фиксировать не только продольные, но и поперечные деформации. Измерение относительных деформаций нужно проводить с погрешностью не более 0,001% ($\varepsilon = 10^{-5}$).

С помощью тензорезисторов (тензодатчиков активного сопротивления)[x] деформации бетона измеряются на базе не менее 50 мм и с учетом наибольшей крупности заполнителя (при наибольшей крупности заполнителя до 40 мм база увеличивается до 100 мм). Из-за стесненных условий деформирования вблизи приопорных участков образца, где приложена нагрузка, максимальная база измерения деформации в направлении действия осевой нагрузки (как при сжатии, так и при растяжении) не должна превышать 3/4 высоты образца.

8.10. Тензометры для измерения линейных деформаций образца, в соответствии с ГОСТ 18957-73, должны быть установлены строго по осям граней и симметрично относительно поперечных осей образца; необходимо обеспечить их надежное крепление к образцу (без возможности их смещения) в течение всего интервала времени испытания (приложение 4).

8.11. При ступенчатом нагружении следует фиксировать деформации образцов, возникающие в конце приложения ступени нагрузки и в конце ее выдержки в соответствии с графиком, приведенным в приложении 3. В других случаях деформации образцов фиксируются на всем интервале нагружения для получения графика деформация-напряжение.

Целесообразно указывать максимальную величину относительных деформаций образцов: полных $\varepsilon_{макс.}$; возникающих в процессе приложения ступеней нагрузки $\varepsilon_{ум}$ (упруго-мгновенные деформации) и в процессе выдержки ступеней нагрузки $\varepsilon_{пм}$ (быстро нарастающие деформации ползучести, тоже самое - деформации кратковременной ползучести):

полных относительных деформаций $\varepsilon_{макс}$, а также соответствующих наибольшей величине напряжения на диаграмме сжатия с нисходящим участком $\varepsilon_{\sigma, макс.}$

---

x) См. "Руководство по тензометрированию строительных конструкций и материалов" (М., НИИЖБ, 1971).

8.I2. В процессе нагружения и по его окончании в журнал о испытания регистрируется характер трещинообразования и разрушения образцов из бетона. При наличии на разрушенных участках раковин, пустот, особенно крупных зерен заполнителя или их плохого качества и пр. эти дефекты отмечаются.

8.I3. При проведении испытаний необходимо соблюдать правила по технике безопасности, в частности, применять приспособления для погашения освобождающейся энергии, ограждения, сетки и т.п. во избежание повреждения оборудования, приборов и поражения осколками при разрушении образца.

Определение прочности на сжатие кубов из бетона

8.I4. Определение прочности на сжатие кубов (цилиндров) из бетона производят на образцах стандартной формы и размеров в соответствии с действующими стандартами на отдельные виды бетонов (см. п. 4.2 и 5.2 настоящих Рекомендаций).

8.I5. После визуального осмотра образцов и установления правильности геометрической их формы, состояния поверхности их граней в соответствии с п. 8.2, а также взвешивания с целью определения объемной массы бетона в соответствии с п. 3.3., определяют рабочее положение образцов при испытании. Нагрузка должна быть направлена параллельно направлению слоев бетона или перпендикулярно направлению вспучивания смеси для ячеистых бетонов.

8.I6. При проведении испытания следует выполнить требования к условиям испытания на прессах, в соответствии с п.п. 6.I-6.6. настоящих Рекомендаций.

8.I7. Нагружение образцов производят в соответствии с п.8.3. до разрушения образца. По максимальной достигнутой нагрузке, вызвавшей разрушение образца определяют прочность на сжатие кубов (цилиндров) из бетона в соответствии с п. 8.8. Нагрузка записывается в журнале испытаний, в котором указываются данные об образцах, согласно ГОСТ I0I80-74, а также данные о характере трещинообразования и разрушения образцов в соответствии с п. 8.I2 (приложение I) настоящих Рекомендаций.

8.I8. Для вычисления по полученным результатам испытания контрольных кубов (цилиндров) требуемой проектной марки по проч-

ности на сжатие следует руководствоваться действующими стандартами: ГОСТ 10180-74, ГОСТ 11050-64, ГОСТ 18105-72[x)], а также "Руководством по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ 18105-72[x)]" (М. Стройиздат, 1974) и "Указаниями по проектированию конструкций из ячеистых бетонов" СН 287-65 (М. Стройиздат, 1965).

Определение призменной прочности, прочности бетона на осевое растяжение и модуля упругости бетона

8.19. Определение призменной прочности бетона, прочности на осевое растяжение и модуля упругости (начального), а также его максимальных деформаций производят на образцах в соответствии с п. 4.2 настоящих Рекомендаций.

8.20. После визуального осмотра образцов и установления правильности их геометрической формы и состояния поверхности их граней в соответствии с п. 8.2 настоящих Рекомендаций производят предварительную оценку изменчивости прочности бетона на основе данных о времени (скорости) прохождения ультразвуковых импульсов через образцы, вычисляемому по формуле

$$\tilde{t}_{\cdot} = \tilde{t}_{1} - \Delta\tilde{t}_{1} \quad , \qquad (2)$$

где $\Delta\tilde{t}_{1}$ – время (в микросекундах) распространения ультразвука через акустический контакт и $\tilde{t}_{1}$ – время распространения ультразвука через бетон и акустический контакт, замеренные не менее, чем до трех раз вдоль и поперек образца по его оси при помощи ультразвукового прибора в соответствии с ГОСТ 17624-72.

При контроле прочности бетона указанным способом рекомендуется пользоваться указаниями ГОСТ 21217-75 и дополнять его результатами выборочных статистических испытаний. При больших отклонениях показателей изменчивости, чем это указано в п. 8.8 настоящих Рекомендаций, серия образцов бракуется.

8.21. При проведении испытаний в соответствии с п. 8.19 настоящих Рекомендаций следует выполнить требования к условиям испытания на прессах или на испытательных машинах в соответствии с п.п. 6.1.-6.5. настоящих Рекомендаций.

8.22. Нагружение образцов следует производить в соответствии с п. 8.4., а при наличии соответствующего оборудования также в соответствии с п. 8.5, добиваясь приложения нагрузки в соответствии с п. 8.6. настоящих Рекомендаций.

8.28. По максимальной нагрузке, вызвавшей разрушение образца, определяют соответствующую прочность бетона согласно п. 8.8. Этапы возрастания нагрузки при испытании записываются в ведомости испытаний (приложение 2), в которой указываются также данные об образцах, согласно ГОСТ 10180-74, а также данные о характере трещинообразования и разрушения образцов в соответствии с п. 8.12 настоящих Рекомендаций.

8.24. Измерение линейных деформаций образцов производят с учетом требований, изложенных в п.п. 8.9-8.11 настоящих Рекомендаций.

8.25. Начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении определяется на основе измеренных деформаций в соответствии с п. 8.11 настоящих Рекомендаций по формуле

$$\sum = \frac{\Sigma \Delta \sigma}{\Sigma \Delta \varepsilon_{ум}} , \qquad (3)$$

где $\Sigma \Delta \sigma$ - сумма приращений напряжений на каждой ступени от 0,05 до 0,3 R_p;

$\Sigma \Delta \varepsilon_{ум}$ - сумма приращений относительной упруго-мгновенной деформации на каждой ступени в тех же пределах.

При вычислении упруго-мгновенных деформаций необходимо убедиться в закономерности их роста с ростом нагрузки (обычно они растут по закону, близкому к линейному). Быстронатекающие деформации ползучести бетона (кратковременная ползучесть) определяются при необходимости как разность между полными и упруго-мгновенными деформациями (приложение 3).

8.26. При испытаниях на осевое растяжение образцов, изготовленных в специальных формах, и необходимости приклеивания к ним стальных закладных деталей для закрепления образцов в захватах машины целесообразно торцы образцов предварительно опиливать в соответствии с п. 5.3 настоящих Рекомендаций.

8.27. Для испытания на осевое растяжение образец устанавливают так, чтобы его вертикальная ось проходила по центру шарнира захватов испытательной машины. Для лучшего центрирования целесообразно предусматривать возможность ее смещения (приложение 4).

Определение прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании

8.28. Определение прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании производят на образцах стандартной формы в соответствии с п.п. 4.2 и 5.2 настоящих Рекомендаций. Для бетонов на пористых заполнителях определение прочности бетона на растяжение при раскалывании не рекомендуется; прочность на растяжение при изгибе определяется лишь тогда, когда по этой прочности задается его требуемая проектная марка, например, в дорожных покрытиях.

8.29. Испытание стандартных образцов для определения прочности бетона на растяжение при изгибе производят в соответствии с ГОСТ 10180-74.

8.30. Испытание стандартных образцов для определения прочности бетона на растяжение при раскалывании производят так, как это указано в действующих стандартах (приложение 5). При проведении испытаний на прессах следует руководствоваться п.п. 6.1-6.6. Среднюю скорость возрастания нагрузки следует задавать в соответствии с п. 8.8 настоящих Рекомендаций.

Определение микротрещинообразования бетона при сжатии и его коэффициентов поперечных деформаций

8.31. Определение микротрещинообразования бетона при сжатии и его коэффициентов поперечных деформаций производят, как правило, параллельно с определением прочностных и деформативных характеристик.

8.32. Для определения микротрещинообразования бетона при сжатии необходимо при испытании регистрировать как продольные, так и поперечные деформации образца, а также время прохождения через него ультразвуковых импульсов.

8.33. Измерение времени прохождения ультразвуковых импульсов $\bar{t}_\sigma$ через опытный образец с ростом нагрузки производится в перпендикулярном по отношению к осевому сжатию направлении, а при необходимости и в других направлениях. Погрешность измерения ультразвуковых импульсов не должна превышать 0,1 микросекунды. Применяемые для этой цели ультразвуковые щупы должны устанавливаться на противоположных гранях образца строго друг против друга и надежно приклеиваться (например, с помощью воска, разбавленного канифолью) к поверхности образца с хорошим контактом и с возможностью их многократного использования. Крепление ультразвуковых щупов с помощью прижимных устройств не допускается. Данные об измерении времени прохождения ультразвуковых импульсов с ростом нагрузки целесообразно представлять в виде графика (приложение 6). В журнале испытания целесообразно указывать относительное изменение времени прохождения ультразвуковых импульсов через бетон, которое определяется по формуле

$$\frac{\bar{t}_\sigma - \bar{t}_o}{\bar{t}_o}, \qquad (4)$$

где $\bar{t}_\sigma$ – время прохождения ультразвуковых импульсов через бетон при напряжении σ,

$\bar{t}_o$ – тоже, до начала приложения нагрузки, в соответствии с п. 8.20 настоящих Рекомендаций.

8.34. При оценке микротрещинообразования бетона при сжатии выделяют три области:

а) от начала нагружения внешней нагрузкой до нагрузки, соответствующей обнаружению микротрещин: $R_{т1}/R_{пр}$ и (при нечетком обнаружении этой границы) – $R_{т2}/R_{пр}$ (достижение этих границ не опасно для эксплуатации сооружений при воздействии на них статических нагрузок);

б) от нагрузки, соответствующей обнаружению микротрещин до нагрузки, соответствующей минимальному объему образца: $R_{т3}/R_{пр}$ (эта граница микротрещин опасна для эксплуатации сооружений, в особенности, при воздействии на них неблагоприятной среды);

в) при более высоких уровнях напряжения, чем $R_{т3}/R_{пр}$ – область прогрессирующего развития микротрещин (приложение 6).

Указанные границы микротрещинообразования определяются:

Границы $R_{т1}/R_{пр}$ или $R_{т2}/R_{пр}$ – на основании графика изменения времени (скорости) прохождения ультразвуковых импульсов q_σ с ростом нагрузки. $R_{т1}/R_{пр}$ соответствует на графике точке, в которой угол наклона касательной к кривой равен нулю

$$\frac{dq_\sigma}{d\eta} = 0 \quad ,$$

$R_{т2}/R_{пр}$ соответствует на том же графике точке, в которой величина q_σ равна нулю

$$q_\sigma = \bar{t}_\sigma - \bar{t}_o = 0 \quad ;$$

Граница $R_{т3}/R_{пр}$ определяется на основании графика полного объемного относительного изменения бетона $\theta = \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2$ с ростом нагрузки или графика изменения величины отношения приращения поперечных к приращению продольных деформаций на каждой ступени нагружения $\Delta\varepsilon_2/\Delta\varepsilon_1$. На первом графике $R_{т3}/R_{пр}$ соответствует точке, в которой угол наклона касательной к кривой равен нулю

$$\frac{d\theta}{d\eta} = 0 \quad ,$$

а на втором – точке, в которой величина

$$\Delta\nu = \frac{\Delta\varepsilon_2}{\Delta\varepsilon_1} = 0{,}5 \quad ;$$

8.35. Коэффициент поперечных упруго-мгновенных деформаций бетона определяется по формуле

$$\nu_{ум} = \frac{\varepsilon_{2ум}}{\varepsilon_{1ум}} \quad , \qquad (5)$$

где $\varepsilon_{2ум}$ и $\varepsilon_{1ум}$ – относительные упруго-мгновенные поперечные и продольные деформации бетона, соответственно. Коэффициент $\nu_{ум}$, вычисленный по упруго-мгновенным деформациям бетона, является близким к постоянной величине. Целесообразно также определять коэффициент поперечных относительных полных деформаций бетона ν, который изменяется с ростом нагрузки. Он определяется на каждой ступени нагружения по формуле

$$\nu = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \qquad (6)$$

где ε_2 и ε_1 – относительные полные поперечные и продольные деформации при кратковременном загружении и, соответственно. Изменение коэффициента ν с ростом нагрузки целесообразно изображать графически (приложение 6).

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА, ЕГО ПРЕДЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ СЖАТИИ И РАСТЯЖЕНИИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

9.1. Определение длительного сопротивления бетона, его предельной деформации и коэффициента поперечных деформаций при длительном нагружении с постоянной нагрузкой производят, как правило, на призмах в соответствии с п. 4.2 настоящих Рекомендаций. При применении образцов других форм и размеров (по особым условиям опыта), необходимо предусматривать параллельное кратковременное испытание в разном возрасте ограниченного числа контрольных призм, изготовляемых из одного замеса с основными образцами, с целью определения их прочности, модуля упругости и максимальных деформаций. Контрольные образцы необходимо испытывать в начале и в конце длительных испытаний и по возможности в промежуточные сроки.

9.2. При выборе устройств для длительного нагружения следует руководствоваться требованиями раздела 7 настоящих Рекомендаций.

9.3. В помещении для длительных испытаний следует поддерживать по возможности постоянные температурно-влажностные условия в течение всего срока испытания в соответствии с программой испытания. В этом случае опытные образцы, как правило, должны находиться в условиях свободного влагообмена со средой. Температуру и влажность среды записывают в журнале испытаний.

9.4. После визуального осмотра образцов и установления правильности геометрической их формы, состояния поверхности их граней и пр., в соответствии с п. 8.2 настоящих Рекомендаций,

производят по ним предварительную оценку изменчивости прочности бетона в соответствии с п. 8.20 настоящих Рекомендаций.

9.5. Загружение образцов под длительную постоянную нагрузку производят в сроки в соответствии с п. 8.7 настоящих Рекомендаций.

9.6. Перед загружением образцов под длительную постоянную нагрузку определяют прочность и модуль упругости к началу загружения на контрольных образцах-близнецах (3÷6 и более образцов, в зависимости от разброса прочности бетона), изготовляемых из того же замеса, что и основные образцы. Нагружение образцов в этом случае производят как на прессе (или испытательной машине), так и в устройстве согласно с п. 8.4, добиваясь осевого приложения нагрузки в соответствии с п. 8.6 настоящих Рекомендаций.

9.7. Определение на контрольных образцах-близнецах призменной прочности (или прочности бетона на осевое растяжение), а также модуля упругости бетона производят в соответствии с п.п.8.19-8.27) настоящих Рекомендаций.

9.8. Во время длительных испытаний необходимо контролировать возможные изменения во времени прочности и модуля упругости бетона путем проведения соответствующих испытаний в соответствии с п. 9.7. При этом контрольные образцы-близнецы должны находится в помещении, в котором проводятся длительные испытания и по возможности в одинаковых условиях влагообмена со средой, что и загруженные образцы.

9.9. При определении длительного сопротивления бетона целесообразно сначала ставить образцы под высокую нагрузку, порядка 95-90% от кратковременной разрушающей, а по мере разрушения заменять их новыми образцами-близнецами под нагрузку на ступень ниже, порядка 90-85% и т.д. Такая методика загружения позволяет с большей отдачей использовать устройства для длительного нагружения. На один уровень нагрузки рекомендуется загружать 2÷3 образца в зависимости от наблюдающегося разброса прочности бетона. Данные по длительному сопротивлению бетона целесообразно представлять в виде графика (приложение 7), иллюстрирующего временную зависимость прочности бетона при сжатии.

9.10. Во время длительных испытаний необходимо фиксировать температурно-усадочные деформации на незагруженных контрольных

образцах-близнецах $\varepsilon_{ту}(t)$. Полученные данные используются для выделения деформаций ползучести $\varepsilon_{п}(t)$ из суммарных деформаций загруженных образцов $\varepsilon(t)$ по формуле

$$\varepsilon_{п}(t) = \varepsilon(t) - \varepsilon_{ум} - \varepsilon_{ту}(t) \quad ; \qquad (7)$$

Во время длительных испытаний необходимо фиксировать также изменение модуля упругости с течением времени и учитывать это изменение при определении меры ползучести (удельных деформаций ползучести). Во всех случаях под полными деформациями бетона, вызванными внешней нагрузкой, подразумевается сумма упругомгновенных деформаций и деформаций ползучести за вычетом температурно-усадочных деформаций.

9.II. Одновременно с определением длительного сопротивления бетона необходимо определять его деформации ползучести $\varepsilon_{п}(t)$, используя одни и те же образцы. Учитывая наблюдающийся в начальный период после загружения быстрый рост деформаций ползучести бетона и их заметное затухание по прошествии этого периода целесообразно после загружения образцов отсчеты по приборам брать: в день загружения - через очень короткие интервалы времени, в последующие дни первой недели - 2÷3 раза в день, затем не реже I÷2 раза в неделю, а по истечении 6 мес. - не реже одного раза в месяц.

Если деформации бетона представить так, как это показано в приложении 7, то кривая 3 на нем и кривая I0 при достаточно длительном сроке испытания и ярко выраженном затухании деформации ползучести представляют собой предельные деформации бетона при сжатии с учетом его упруго-мгновенных и быстро нарастающих деформаций ползучести в соответствии с п. 8.II настоящих Рекомендаций.

9.I2. С целью более полного анализа данных по длительному сопротивлению бетона при сжатии и с учетом происходящих в нем под высокой нагрузкой процессов микроразрушений необходимо предусматривать измерение как продольных, так и поперечных деформаций образцов с учетом требований п.п. 8.9-8.II, а также - измерение времени (скорости) прохождения через бетон ультразвуковых импульсов с учетом требований п. 8.33 настоящих Рекомендаций. При оценке микротрещинообразования бетона при

кратковременных испытаниях следует воспользоваться рекоменда - циям п. 8.3 настоящих Рекомендаций.

9.13. Коэффициент поперечных относительных деформаций при длительном нагружении определяется по формуле

$$\nu_g(t) = \frac{\varepsilon_{2n}(t)}{\varepsilon_{1n}(t)} \quad , \qquad (8)$$

где $\varepsilon_{2n}(t)$ и $\varepsilon_{1n}(t)$ - относительные поперечные и продольные деформации ползучести бетона, соответственно, с учетом быстро натекающих деформаций ползучести в соответствии с п. 8.11 настоящих Рекомендаций. Целесообразно также определять коэффициент поперечных относительных полных деформаций бетона при длительном нагружении по формуле:

$$\nu(t) = \frac{\varepsilon_2(t)}{\varepsilon_1(t)} \quad , \qquad (9)$$

где $\varepsilon_2(t)$ и $\varepsilon_1(t)$ - относительные поперечные и продольные деформации бетона, соответственно (за вычетом температурно - усадочных деформаций); при этом объемное относительное изменение бетона при сжатии и длительном загружении определяется по формуле $\theta(t) = \varepsilon_1(t) - 2\varepsilon_2(t)$. Изменение коэффициентов $\nu_g(t)$ и $\nu(t)$, а также величины $\theta(t)$ во времени целесообразно изображать графически.

9.14. Изменение времени прохождения ультразвуковых импульсов через бетон при его длительном нагружении определяется по формуле

$$q(t) = \tilde{t}_t - t_0 \quad ,$$

где $\tilde{t}_t$ - время прохождения ультразвуковых импульсов через бетон к моменту времени t , $\tilde{t}_0$ - то же, до начала приложения нагрузки в соответствии с п. 8.20. настоящих Рекомендаций.

Изменение величины $q(t)$ целесообразно изображать графически (приложение 7). Рекомендуется указывать относительное изменение времени прохождения ультразвуковых импульсов через бетон, которое определяется по формуле

$$\frac{\tilde{t}_t - \tilde{t}_0}{\tilde{t}_0} \quad ; \qquad (10)$$

9.15. После окончания длительных испытаний, которые целесообразно прекращать лишь после полного затухания деформаций ползучести бетона, неразрушившиеся под длительной нагрузкой образцы необходимо испытать до разрушения с целью определения их конечной прочности. При этом целесообразно провести догружение образцов без их предварительной разгрузки, и во всех случаях должен быть указан порядок загружения в таких испытаниях. С целью сопоставления полученных результатов одновременно проводятся испытания контрольных незагруженных образцов-близнецов до разрушения.

9.16. По ходу длительных испытаний визуально и с применением микроскопа или лупы с делениями фиксируются в ведомости испытаний характер трещинообразования и разрушения образцов и производится зарисовка или фотографирование характера трещин.

10. НЕКОТОРЫЕ ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АНАЛИЗУ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА

10.1. При анализе ошибок измерений определяемых характеристик бетона (приложение 8) и результатов испытаний необходимо разграничить систематические и случайные ошибки. Систематические ошибки могут быть выявлены путем поверки и градуировки используемых в испытании машин и приборов. Поверку производят во всем диапазоне измеряемых величин с помощью вышестоящего по точности поверочного звена. При этом особое внимание должно быть обращено на выявление ошибок измерений вызываемых "заеданием", большим мертвым ходом механизмов приборов, смещением начала отсчета шкалы и другими приборными дефектами. При обнаружении большой ошибки, превышающей заданную точность, прибор или машина подлежат замене.

10.2. О степени точности измеренных при кратковременном и длительном испытании величины прочности, деформации и пр. можно судить по следующим показателям: выборочному среднему квадратичному отклонению, коэффициенту вариации и пр. При этом, если результат является функцией нескольких величин, то ошибку результата находят на основании ошибок отдельных измерений этих

величин. Например, начальный модуль упругости бетона определяется по формуле

$$E = \frac{\Sigma \Delta \sigma}{\Sigma \Delta \varepsilon_{ум}} = \frac{\Sigma \Delta P \cdot L}{F \cdot \Sigma \Delta L} \quad ; \qquad (11)$$

Тогда квадрат его относительной ошибки будет равен сумме квадратов относительных ошибок отдельных измерений величин $\Delta P, L, F$ и ΔL

$$\left(\frac{S_E}{E_c}\right)^2 = \left(\frac{S_P}{P_c}\right)^2 + \left(\frac{S_L}{L_c}\right)^2 + \left(\frac{S_F}{F_c}\right)^2 + \left(\frac{S_{\Delta L}}{\Delta L_c}\right)^2 \quad ; \qquad (12)$$

Величина S_E/E_c есть отношение выборочного среднего квадратического отклонения начального модуля упругости бетона к его среднему арифметическому значению; аналогично определяются слагаемые правой части равенства. Это показывает, что нужно стремиться к снижению погрешности измерения каждой из величин, определяющих конечный результат, так как недостаточная точность в определении хотя бы одной из величин в первую очередь отразится на ошибке конечного результата.

10.3. Доверительный интервал $(\bar{X}-\Delta\bar{X}, \bar{X}+\Delta\bar{X})$, в котором с заданной надежностью p должно находиться среднеарифметическое значение результатов измерений $\bar{X}$, можно определить из следующих соображений.

Следует различать случай с заранее известной величиной среднеквадратического отклонения σ случайных ошибок (на основании предшествующего опыта) от случая, когда величина среднеквадратического отклонения S_n определяется на основании данной выборки. В последнем случае $\Delta\bar{X}$ определяется по формуле:

$$\Delta\bar{X} = t_p(n)\frac{S_n}{\sqrt{n}} \quad , \qquad (13)$$

где $t_p(n)$ - коэффициенты Стьюдента, зависящие от выбранной величины надежности p и от числа n произведенных измерений (табл.I приложения 9). При известной величине среднеквадратического отклонения формула принимает вид

$$\Delta\bar{X} = t_p(\infty)\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad ; \qquad (14)$$

При этом следует контролировать величину выборочного среднеквадратического отклонения S_n и оценивать интервал ($S_n - \Delta S_n$, $S_n + \Delta S_n$), в котором с заданной надежностью должна находиться эта величина σ :

$$S_n = \frac{W}{d_n} \; , \; S_n - \Delta S_n = \frac{W}{u_n} \; , \; S_n + \Delta S_n = \frac{W}{z_n} \; , \qquad (15)$$

где W - разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений (размах), d_n, u_n, z_n - коэффициенты, приводимые в табл. 2 приложения 9 и зависящие от числа результатов n и требуемой надежности p. Если величина σ лежит в заданном интервале, то ее можно считать неизменной, отклонение S_n от этой величины случайным и использовать формулу (14) для нахождения доверительного интервала. Если окажется, что величина σ не попадает в интервал ($S_n - \Delta S_n$, $S_n + \Delta S_n$), тогда для заданной надежности p следует сделать вывод об изменении величины σ и существующих отклонениях условий опыта от предшествующих. В этом случае следует использовать формулу (18) для нахождения доверительного интервала по данной выборке.

Использование известного среднеквадратического отклонения (на основании предшествующего опыта) при анализе результатов при малом числе измерений в несколько раз уменьшает (табл. 3 приложения 9) относительную ошибку (или доверительный интервал) по сравнению со случаем, когда используется выборочное среднеквадратическое отклонение S_n (табл. 4 приложения 9), что имеет практическое значение.

Необходимое количество опытов для получения достоверных результатов среднеквадратических отклонений можно определить по табл. 5 приложения 9.

10.4. Величина среднеквадратического отклонения σ при большом числе измерений может быть найдена либо путем определения среднего размаха W, либо путем предварительной обработки результатов, проведенной в относительных единицах. В первом

случае по испытанным партиям определяется средний размах результатов, а именно

$$W_{ср} = \frac{\Sigma W_i}{n} \qquad (16)$$

Далее, для получения среднеквадратического отклонения следует воспользоваться коэффициентами d_n из табл. 2 приложения 9.

Во втором случае полученные абсолютные значения измерений по каждой партии переводятся в относительные единицы и среднеквадратическое отклонение σ определяется сразу в относительных единицах.

Приложение I

ЖУРНАЛ[1] СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ КУБОВ (ЦИЛИНДРОВ) ИЗ БЕТОНА

1. Марка образцов.
2. Количество образцов в серии (партии).
3. Условия твердения и возраст образцов при испытании.
4. Дата изготовления образцов.
5. Дата испытания образцов.
6. Наименование пресса, краткая его характеристика в соответствии с разделом 6 настоящих Рекомендаций

№ пп	Размеры поперечного сечения образца (мм)	Высота образца (мм)	Площадь поперечного сечения F ($см^2$)	Масса образца (кг)	Объемная масса образца (кг/$м^3$)	Разрушающая нагрузка P (кН)	Прочность образца R (МПа)	Примечание (состояние поверхности; геометрическая форма образцов; характер трещинообразования и разрушения образцов)
					Средняя		Средняя	

I) Характеристики исходных материалов для приготовления бетона (см. 2 и 3 раздел настоящих Рекомендаций) даются в дополнительной ведомости испытаний.

Приложение 2

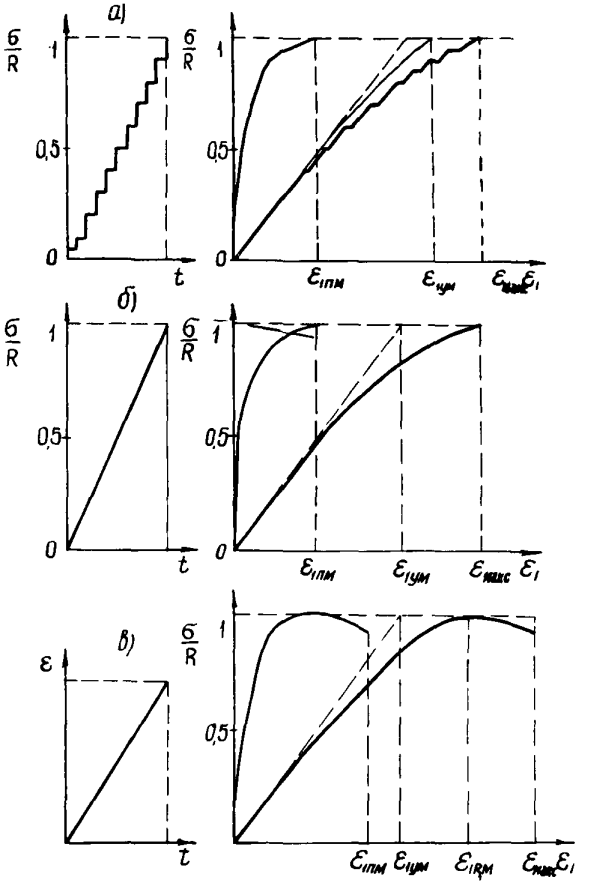
ЖУРНАЛ[1] СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЗМЕННОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, ПРОЧНОСТИ НА РАСТЯЖЕНИЕ, НАЧАЛЬНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ, ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ

1. Марка образцов
2. Количество образцов в серии (партии)
3. Условия твердения и возраст образцов при испытании
4. Дата изготовления образцов
5. Дата испытания образцов
6. Площадь поперечного сечения и высота образца (мм)
7. Масса образца (кг) и его объемная масса (кг/м^3)
8. База измерения деформаций (мм)
9. Характеристика приборов, погрешность их показаний
10. Наименование пресса (машины), краткая его характеристика в соответствии с разделом 6 настоящих Рекомендаций

Этапы нагружения	Время приложения нагрузки: текущее (ч, мин)	Время приложения нагрузки: продолжительность испытания (мин.)	Нагрузка P (кН)	Показания приборов: Продольные деформации: номера приборов на каждой грани	Показания приборов: Поперечные деформации: номера приборов на каждой грани	Примечание (состояние поверхности; геометрическая форма образцов; характер трещинообразования и разрушения образцов)
0				Отсчет		
I				Приращение		
...						
...						
I3						

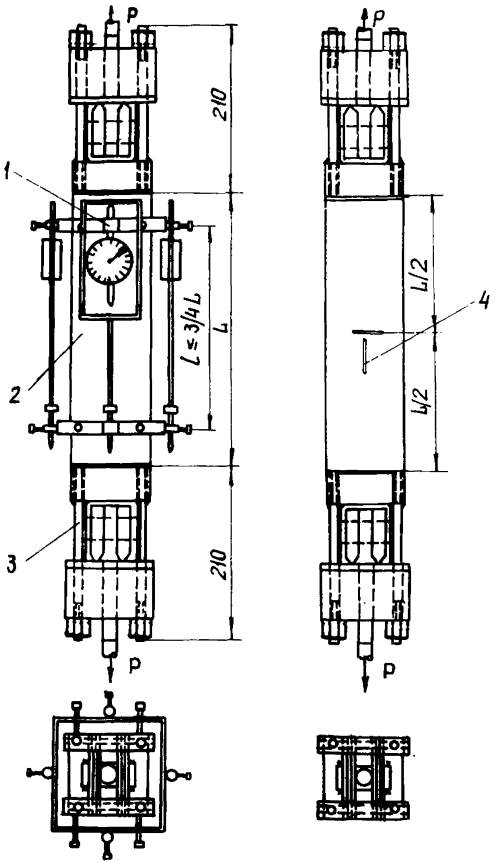
I) Примечание. См. приложение I

Диаграммы сжатия и схемы нагружения бетона ступенями нагрузки (а), с постоянной скоростью роста нагрузки (б) и деформации (в)



Приложение 4

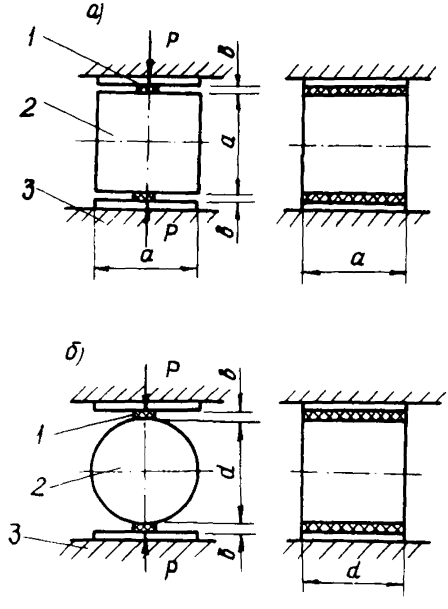
Схема анкерного приспособления и крепления тензометров для измерения линейных деформаций образцов при осевом растяжении (1-тензометры механические, 2-образец, 3 - анкерное устройство, 4-тензометры тензорезисторные)



Приложение 5

Схемы испытаний по определению прочности бетона на растяжение при раскалывании кубов (а) и цилиндров (б) (1-прокладка, 2 - образец, 3 - опорная плита).

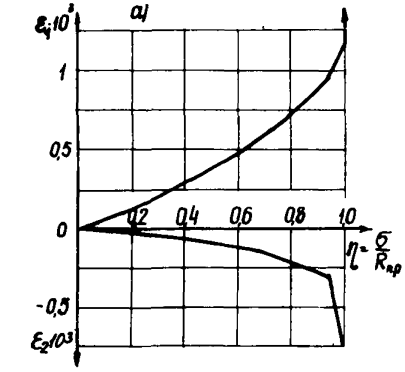
Прочность бетона на растяжение при раскалывании $R_{рк}=\frac{2P}{\pi a^2}=\frac{2P}{\pi d^2}$;

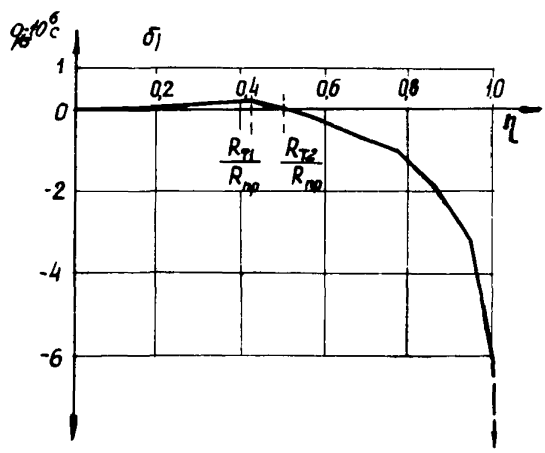


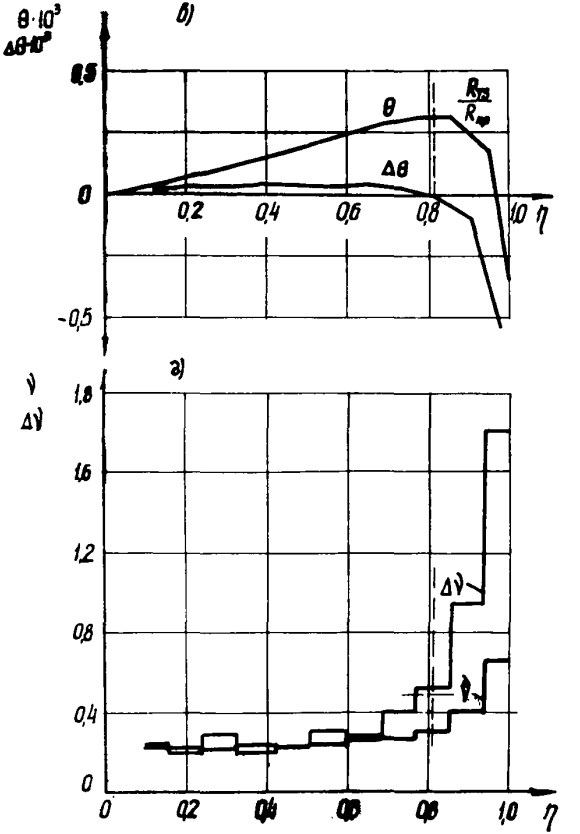
Приложение 6

Основные параметры бетона при кратковременном нагружении

Графики изменения относительных деформаций бетона (а), времени t_σ (б), относительного объема ϑ (или его приращений $\Delta\vartheta$) (в), коэффициента ν (или его приращений $\Delta\nu$) (г).



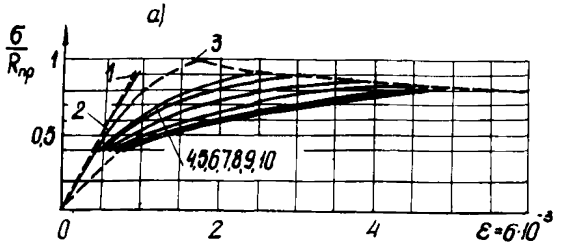


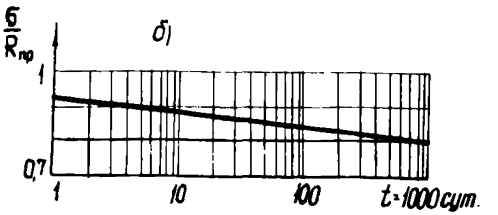

θ·10³
Δθ·10³
б)
0,5
0
-0,5
θ
Δθ
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
η
γ
Δγ
г)
1,8
1,6
1,2
0,8
0,4
0
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
η

Приложение 7

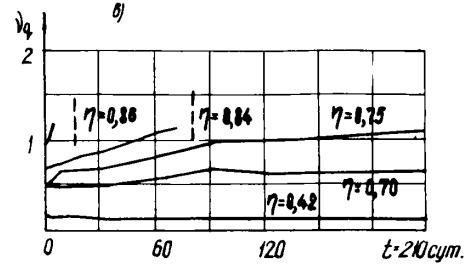
Основные параметры бетона при длительном нагружении

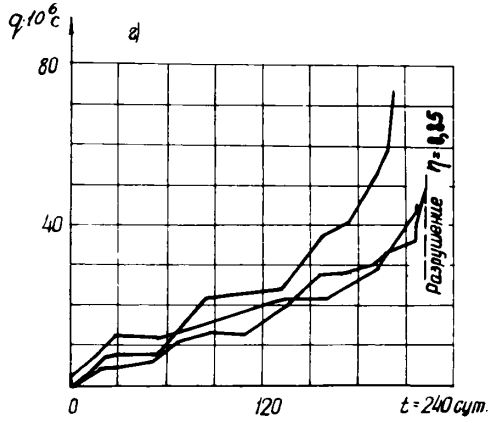
Графики изменения с ростом нагрузки относительных деформаций бетона (а), его длительного сопротивления (б), коэффициента $\nu_g(t)$ (в) и времени $q_1(t)$ (г) при длительном нагружении (I - деформация упруго-мгновенная ε_{1ym} ; 2 - то же полная ε_1; 3 - то же предельная при длительном нагружении $\varepsilon_{1g}(t)$; деформация при длительном нагружении $\varepsilon_1(t)$ через I сут (кривая 4); то же через 3 сут (кривая 5); через I мес. (кривая 6); через 3 мес. (кривая 7); через 6 мес. (кривая 8); через I год (кривая 9) и через 2 года (кривая I0).





Приложение 7





Приложение 8

Перечень важнейших прочностных, деформативных, структурных характеристик бетона

Наименование	Обозначение	Размерности в единицах СИ
1	2	3
Проектная марка по прочности на сжатие (кубиковая прочность)	$\bar{R}$	МПа
Проектная марка по прочности на осевое растяжение	$\bar{R}_p$	то же
Прочность на сжатие кубов	R	-"-
Прочность на сжатие высверленных цилиндров	$R_ц$	-"-
Прочность на сжатие высушенных кубов	$R_{сух}$	-"-
Призменная прочность	$R_{пр}$	-"-
Прочность на осевое растяжение	R_p	-"-
Прочность на растяжение при изгибе	$R_и$	-"-
Прочность на растяжение при раскалывании	$R_{рк}$	-"-
Начальный модуль упругости при сжатии	E	-"-
Начальный модуль упругости при растяжении	E_p	-"-
Напряжение	σ	-"-
Относительная величина напряжения	$\eta=\sigma/R_{пр}$	
Разрушающая нагрузка	$P_р$	кН
Площадь поперечного сечения образца	F	$м^2$
Длина образца	L	м
Масса бетона	m	кг
Масса бетона после высушивания	$m_{сух}$	то же

I	2	3
Относительное изменение массы бетона после высушивания	$\Delta m = \frac{m - m_{сух}}{m_{сух}}$	-
Жёсткость пресса (машины или устройства для длительного нагружения)	P_p/Δ	
Скорость возрастания напряжения	$d\sigma/dt$	МПа/с
Скорость возрастания деформаций образца	$d\varepsilon/dt$	(м/м/с)
Текущее время	t	с
Абсолютная продольная деформация образца	ΔL_1	м
Абсолютная поперечная деформация образца	ΔL_2	то же
Продольная относительная упруго-мгновенная деформация	$\varepsilon_{1ум}$	м/м
Продольная относительная деформация кратковременной ползучести	$\varepsilon_{1пм}$	то же
Продольная относительная полная деформация при кратковременном нагружении	ε_1	-"-
Продольная максимальная относительная деформация при кратковременном нагружении при сжатии	$\varepsilon_{1макс}$	-"-
Продольная максимальная относительная деформация при кратковременном нагружении при растяжении	$\varepsilon_{1рмакс}$	-"-
Поперечная относительная упруго-мгновенная деформация	$\varepsilon_{2ум}$	-"-
Поперечная относительная деформация кратковременной ползучести	$\varepsilon_{2пм}$	м/м
Поперечная относительная полная деформация при кратковременном нагружении.	ε_2	то же

1	2	3
Коэффициент поперечных относительных упруго-мгновенных деформаций	$\nu_{ум}=\frac{\varepsilon_{2ум}}{\varepsilon_{1ум}}$	-
Коэффициент поперечных относительных полных деформаций при кратковременном нагружении	$\nu=\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$	-
Объемное относительное изменение бетона при сжатии и кратковременном нагружении	$\vartheta=\varepsilon_1-2\varepsilon_2$	м/м
Скорость объемного относительного изменения бетона с ростом нагрузки	$d\vartheta/dt$	(мм)/с
Граница начала микротрещинообразований в бетоне при сжатии	$R_{т1}/R_{пр}$	-
Граница появления разуплотнений структуры бетона и развития микротрещин при сжатии	$R_{т2}/R_{пр}$	-
Граница прогрессирующего развития микротрещинообразований в бетоне при сжатии	$R_{т3}/R_{пр}$	-
Длительное сопротивление бетона при сжатии	R_g	МПа
Длительное сопротивление бетона при растяжении	R_{pg}	то же
Продольная относительная деформация ползучести при сжатии	$\varepsilon_{1п}(t)$	м/м
Продольная относительная деформация ползучести при растяжении	$\varepsilon_{1рп}(t)$	то же
Продольная относительная полная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_1(t)$	-"-
Продольная относительная полная деформация при растяжении и длительном нагружении	$\varepsilon_{1р}(t)$	м/м

1	2	3
Продольная относительная предельная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_{1g}(t)$	то же
Продольная относительная предельная деформация при растяжении и длительном нагружении	$\varepsilon_{1pg}(t)$	-"-
Поперечная относительная деформация ползучести при сжатии	$\varepsilon_{2n}(t)$	-"-
Поперечная относительная полная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_2(t)$	-"-
Коэффициент поперечных относительных полных деформаций при длительном нагружении	$\nu(t)=\frac{\varepsilon_2(t)}{\varepsilon_1(t)}$	-
Коэффициент поперечных относительных деформаций при длительном нагружении	$\nu_g(t)=\frac{\varepsilon_{2n}(t)}{\varepsilon_{1n}(t)}$	-
Объемное относительное изменение бетона при сжатии и длительном нагружении	$\theta(t)=\varepsilon_1(t)-2\varepsilon_2(t)$	м/м
Температурно-усадочная относительная деформация незагруженного образца	ε_{yt}	то же
Время распространения ультразвуковых импульсов через бетон	$\tilde{t}_0$	микросекунда
Время распространения ультразвуковых импульсов через бетон и акустический контакт	$\tilde{t}_1$	то же
Время распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$\tilde{t}_\sigma$	-"-
Изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$q_\sigma=\tilde{t}_\sigma-\tilde{t}_0$	-"-

Приложение 8

1	2	3
Скорость изменения времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом напряжения (нагрузки)	$\frac{dq_\sigma}{d\sigma}$	мкс / МПа
Изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон при его длительном нагружении	$q(t)=\bar{t}_t-\bar{t}_0$	мкс
Относительное изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$\frac{q_\sigma}{\bar{t}_0}$	-
Среднее арифметическое результатов измерений	$\bar{X}$	
Среднее квадратическое отклонение в общей выборке	$\Delta S_n=\sqrt{\frac{\sum(X_i-\bar{X})^2}{n-1}}$	размерность параметра
Коэффициент вариации (показатель изменчивости) характеризует степень отклонения отдельных результатов X_i от центра рассеивания $\bar{X}$	$v=\frac{\Delta S_n}{\bar{X}}$	-

Приложение 9

Таблицы по статистической оценке определяемых характеристик бетона

Таблица I

Значения коэффициента Стьюдента $t_p(n)$

n \ p	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
2	6,3I	I2,7I	3I,82	63,66	636,62
3	2,92	4,30	6,96	9,92	3I,60
4	2,35	3,I8	4,54	5,84	I2,94
5	2,I3	2,78	3,75	4,60	8,6I
6	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
7	I,94	2,45	3,I4	3,7I	5,96
8	I,90	2,36	3,00	3,50	5,40
9	I,86	2,3I	2,90	3,36	5,04
I0	I,83	2,26	2,82	3,25	4,78
20	I,73	2,09	2,54	2,86	3,88
30	I,70	2,05	2,46	2,76	3,66
50	I,68	2,00	2,40	2,68	3,50
∞	I,64	I,96	2,33	2,57	3,29

Приложение 9

Таблица 2

Значения коэффициентов d_n, u_n и z_n для оценки среднеквадратического отклонения σ.

n	d_n	$P = 0,90$		$P = 0,95$		$P = 0,99$	
		u_n	z_n	u_n	z_n	u_n	z_n
2	1,128	2,88	0,18	2,77	0,09	3,64	0,02
3	1,693	2,90	0,62	3,31	0,48	4,12	0,19
4	2,059	3,24	0,98	3,68	0,76	4,40	0,43
5	2,326	3,48	1,26	3,86	1,08	4,60	0,66
6	2,534	3,66	1,49	4,08	1,25	4,76	0,87
7	2,704	3,81	1,68	4,17	1,44	4,88	1,15
8	2,847	3,98	1,83	4,29	1,60	4,99	1,20
9	2,970	4,04	1,97	4,39	1,74	5,08	1,34
10	3,078	4,13	2,09	4,47	1,86	5,16	1,47
11	3,173	4,21	2,20	4,55	1,97	5,23	1,58
12	3,258	4,29	2,30	4,62	2,07	5,29	1,68
13	3,336	4,35	2,39	4,69	2,16	5,35	1,77
14	3,407	4,41	2,47	4,74	2,24	5,40	1,86
15	3,472	4,47	2,54	4,80	2,32	5,45	1,93
16	3,532	4,52	2,61	4,85	2,39	5,49	2,01
17	3,588	4,57	2,67	4,89	2,45	5,54	2,07
18	3,640	4,61	2,73	4,93	2,51	5,57	2,14
19	3,689	4,65	2,79	4,97	2,57	5,61	2,20
20	3,735	4,69	2,84	5,01	2,63	5,65	2,25

Приложение 9

Таблица 8

Количество опытов для получения достоверных результатов среднеарифметических значений при использовании заранее известного σ, а не выборочного S_n.

p \ υ,%	5	10	15	20	80
	Относительная ошибка не более ±5%				
0,90	8	11	25	44	98
0,95	4	16	35	62	139
0,99	7	27	60	107	239
0,999	11	44	98	174	390
	Относительная ошибка не более ±10%				
0,90	1	3	6	11	25
0,95	1	4	9	16	35
0,99	2	7	15	27	60
0,999	3	11	25	44	98
	Относительная ошибка не более ±20%				
0,90	1	1	2	3	6
0,95	1	1	3	4	9
0,99	1	2	4	7	15
0,999	1	3	6	11	25

Примечание. $\upsilon = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ – коэффициент вариации, p-требуемая надежность.

Приложение 9

Таблица 4

Количество опытов для получения достоверных результатов среднеарифметических значений при использовании выборочного S_n.

P \ V,%	5	I0	I5	20
I	2	8	4	5
	Относительная ошибка ($\frac{\Delta \bar{X}}{\bar{X}}$ I00) не более ±I%			
0,50	I8	47	I04	I84
0,75	85	I85	300	582
0,90	7I	274	6I2	I085
0,95	I00	387	868	I54I
0,99	I7I	669	I50I	2668
0,999	270	IIIS	240I	4356
	Относительная ошибка не более ±3%			
0,50	8	6	I8	2I
0,75	6	I6	35	60
0,90	I0	38	70	I23
0,95	I4	46	99	I74
0,99	28	78	I7I	299
0,999	37	I27	279	488
	Относительная ошибка не более ±5%			
0,50	2	8	6	9
0,75	8	7	I4	28
0,90	5	I4	27	46
0,95	7	I9	38	65
0,99	II	3I	65	III
0,999	I8	49	I04	I78
	Относительная ошибка не более ±I0%			
0,50	I	2	3	4
0,75	2	8	4	7
0,90	3	5	8	I3
0,95	4	7	I2	I8
0,99	5	II	I9	3I
0,999	8	I7	30	49

Продолжение табл. 4

I	2	8	4	5
	Относительная ошибка не более ±20%			
0,50	I	I	2	2
0,75	2	2	8	8
0,90	2	8	4	5
0,95	8	4	5	7
0,99	4	5	7	II
0,999	5	8	I2	I7
	Относительная ошибка не более ±30%			
0,50	I	I	I	I
0,75	I	2	2	8
0,90	2	2	8	4
0,95	2	8	4	5
0,99	8	4	5	6
0,999	4	5	8	II

Примечание: $\nu = \frac{S_n}{\bar{X}}$ – коэффициент вариации; р – требуемая надежность.

Приложение 9

Таблица 5

Количество опытов для получения достоверных результатов среднеквадратических отклонений

P	Относительная ошибка среднеквадратического отклонения ($\frac{\Delta\sigma}{\sigma}$ 100)				
	±8%	±5%	±10%	±20%	±80%
0,5	254	92	28	6	4
0,75	737	266	68	I8	8
0,9	I507	545	I39	37	I9
0,95	2I88	774	I98	55	27
0,99	8704	I84I	847	97	50
0,999	-	2I89	575	I66	86

Приложение 10

Основные государственные стандарты, требованиям которых должны удовлетворять исследуемые бетоны, материалы и методы их испытаний.

ГОСТ 10180-74.	Бетон тяжелый. Методы определения прочности.
ГОСТ 11050-64.	Бетон легкий на пористых заполнителях. Методы определения прочности и объемного веса.
ГОСТ 12852-67.	Бетон ячеистый. Методы испытаний.
ГОСТ 18105-72[x]).	Бетоны. Контроль и оценка прочности и однородности .
ГОСТ 10268-70.	Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования.
ГОСТ 9759-71.	Гравий керамзитовый.
ГОСТ 11991-66	Щебень аглопоритовый.
ГОСТ 310 -60	Цементы. Методы физических и механических испытаний.
ГОСТ 10178-62[x]).	Портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности.
ГОСТ 10181-62.	Бетон тяжелый. Методы определения подвижности и жесткости бетонной смеси.
ГОСТ 12730-67.	Бетон тяжелый. Методы определения объемной массы, плотности, пористости и водопоглощения.
ГОСТ 2789-73.	Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
ГОСТ 8905-73.	Прессы для испытания строительных материалов .
ГОСТ 7855-68.	Машины разрывные и универсальные для статических испытаний металлов .
ГОСТ 8.136.74.	Методы и средства поверки прессов для испытания строительных материалов.
ГОСТ 17624-72.	Бетоны тяжелые и легкие. Ультразвуковой метод определения прочности.

ГОСТ 11051-70.	Бетон легкий на пористых заполнителях. Методы испытаний бетонной смеси.
ГОСТ 18957-73.	Тензометры для измерения линейных деформаций строительных материалов и конструкций. Изд-во стандартов, 1973.
ГОСТ 21217-75.	Бетон. Контроль прочности и однороднос т и с применением неразрушающих способов испытаний.
ГОСТ 8269-64.	Щебень из естественного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний.
ГОСТ 8735-65.	Песок для строительных работ. Методы испытаний.
ГОСТ 9758-68.	Заполнители пористые неорганические для легкого бетона. Методы испытаний.
ГОСТ 5950-73.	Сталь инструментальная легированная.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр
Предисловие	3
I. Область применения	4
2. Исходные материалы для приготовления бетонов	4
3. Состав бетонной смеси, объемная масса и плотность бетона	6
4. Опытные образцы, их изготовление и условия твердения .	6
5. Выпиливание и высверливание бетонных образцов из конструкций	9
6. Прессы и машины для испытания бетона	II
7. Устройства для длительного нагружения бетона на сжатие и растяжение	I4
8. Определение прочности бетона и его деформативности при кратковременном статическом нагружении	I5
Определение прочности на сжатие кубов из бетона . . .	I9
Определение призменной прочности, прочности бетона на осевое растяжение и модуля упругости бетона	20
Определение прочности бетона на растяжение при изгибе и раскалывании	22
Определение микротрещинообразования бетона при сжатии и его коэффициентов поперечных деформаций	22
9. Определение длительного сопротивления бетона, его предельной деформации при сжатии и растяжении и коэффициента поперечных деформаций при длительном нагружении .	25

10. Некоторые общие требования к анализу ошибок измерений и результатов испытаний по определению прочностных и деформативных характеристик бетона 29

Приложение 1. Журнал статических испытаний для определения прочности на сжатие кубов (цилиндров) из бетона 33

Приложение 2. Журнал статических испытаний для определения призменной прочности бетона, прочности на осевое растяжение, начального модуля упругости, трещиностойкости бетона при сжатии 34

Приложение 3. Диаграммы сжатия и схемы нагружения бетона 35

Приложение 4. Схемы анкерного приспособления и крепления тензометров для измерения линейных деформаций образцов при осевом растяжении 36

Приложение 5. Схемы испытаний по определению прочности бетона на растяжение при раскалывании 37

Приложение 6. Основные параметры бетона при кратковременном нагружении 38

Приложение 7. Основные параметры бетона при длительном нагружении 40

Приложение 8. Перечень важнейших прочностных, деформативных, структурных характеристик бетона. 42

Приложение 9. Таблицы по статистической оценке определяемых характеристик бетона 47

Приложение 10. Основные государственные стандарты, требованиям которых должны удовлетворять исследуемые бетоны, материалы и методы их испытаний 53

НИИЖБ Госстроя СССР

Методические рекомендации
по определению прочностных и структурных характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении.
Отдел научно-технической информации
г.Москва, Ж-389, 2-я Институтская ул.,д.6.

Л-98630 Подписано к печати 3/V 1976 Заказ 400
Бумага 60x84 1/16 3 печ.л. Цена 30 коп. Тираж 800

Производственные экспериментальные мастерские
ЦНИИС Госстроя СССР

gost.e-ecolog.ru