НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И ПРИМЕНЕНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ (С ВНЕШНИМ ЛИСТОВЫМ АРМИРОВАНИЕМ) ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ БЕЗ ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

МОСКВА–1984

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона
(НИИЖБ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСНОВНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ И ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

Утверждены
директором НИИЖБ
16 декабря 1983 г.

Москва 1984

УДК 691.327:539.376

Печатаются по решению секции теории железобетона и арматуры НТС НИИЖБ от 18 июля 1983 г.

Методические рекомендации по определению основных механических характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении. М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1984, 53 с.

Методические рекомендации содержат основные положения по методике статических испытаний бетонов (тяжелых, на пористых заполнителях и ячеистых) для определения их основных механических характеристик при кратковременном и длительном нагружении.

Предназначены для научных и инженерно-технических работников институтов и строительных лабораторий.

Табл.5

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ), 1984

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящих Методических рекомендациях изложены основные положения по методике определения важнейших прочностных, структурных и деформационных характеристик бетонов (тяжелых, на пористых заполнителях и ячеистых), необходимых для разработки и составления правил по проектированию бетонных и железобетонных конструкций в соответствии с требованиями нормативных документов на проектирование бетонных и железобетонных конструкций.

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

Методические рекомендации разработаны Центральной лабораторией теории железобетона НИИЖБ Госстроя СССР (канд. техн.наук А.В. Яшин).

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

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

I.I. Настоящие Методические рекомендации распространяются на методику статических испытаний тяжелых, на пористых заполнителях, ячеистых и других бетонов, проводимых для определения прочностных и деформационных характеристик при сжатии и растяжении, установления влияния на эти характеристики различных нагружений и определяющих структуру бетона факторов: состава бетона, технологии его изготовления, условий твердения, различных воздействий внешней среды и др.

I.2. Методические рекомендации содержат основные положения, развивающие ГОСТ 10180-78, ГОСТ 24452-80, и касающиеся правил и методов проведения различных статических испытаний бетона для определения его основных механических характеристик при кратковременном и длительном нагружении:

сопротивления бетона одноосному сжатию в серии образцов кубов, цилиндров или призм (призменная прочность);

сопротивления бетона одноосному растяжению, растяжению при изгибе и при раскалывании;

начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении;

сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии;

коэффициента Пуассона и поперечных деформаций при кратковременном нагружении;

диаграмм сжатия (растяжения) бетона;

длительного сопротивления бетона и его предельных деформаций при сжатии и растяжении, а также коэффициента поперечных относительных деформаций бетона при длительном нагружении.

2. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА

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

2.2. Для оценки качества исходных материалов для приготовления бетона производится испытание их в соответствии с действующими стандартами. Цементы применяют в соответствии с требованиями ГОСТ 10178-76 и ГОСТ 310.1-76. Заполнители для тяжелого бетона применяют по ГОСТ 10268-80, ГОСТ 8269-76 и ГОСТ 8735-75. Пористые заполнители применяют по ГОСТ 9759-76, ГОСТ 11991-76, ГОСТ 9758-77. Материалы для ячеистых бетонов применяют в соответствии с требованиями "Инст-

рукции по изготовлению изделий из ячеистых бетонов" СН 277-80 (М., Стройиздат, 1981).

В журнале испытания кроме показателей, приведенных в п.5.9 ГОСТ 10180-78, рекомендуется указывать следующие основные характеристики исходных материалов, применяемых для изготовления бетонов:

а) для вяжущих материалов:

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

активность цемента по ГОСТ 310.1-76 и его марку по ГОСТ 10178-76;

дисперсность (удельную поверхность) для цементов незаводского помола;

сроки схватывания цемента и нормальную густоту цементного теста;

б) для заполнителей:

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

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

зерновой состав;

водопоглощение по массе;

коэффициент размягчения для пористых заполнителей;

содержание вредных примесей (глинистых, органического происхождения и др.);

в) для химических добавок в соответствии с классифкацией по ГОСТ 24211-80:

вид и процентное ее содержание (на сухое вещество) к массе вяжущего;

активность.

3. СОСТАВ БЕТОННОЙ СМЕСИ, ОБЪЕМНАЯ МАССА (ПЛОТНОСТЬ) БЕТОНА

3.1. Состав бетонной смеси следует подбирать в соответствии с действующими инструктивно-нормативными документами*. В журнале испы-

---

* См.:"Руководство по подбору состава тяжелого бетона" (М., Стройиздат, 1979), "Руководство по подбору составов конструктивных легких бетонов на пористых заполнителях" (М., Стройиздат, 1975), "Инструкция по изготовлению изделий из ячеистых бетонов" СН 277-80, "Рекомендации по ускоренной оценке качества цемента в бетоне и назначению его состава" (М., Стройиздат, 1975).

тания рекомендуется 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 указывают по массе с учетом воды, содержащейся в заполнителях, а для бетонов на пористых заполнителях - с учетом водопоглощения ее заполнителем.

3.2. В журнале испытания рекомендуется указывать подвижность (удобообрабатываемость) бетонной смеси. Для тяжелого бетона и на пористых заполнителях подвижность определяют по осадке стандартного конуса (в см) и на техническом вискозиметре (жесткость в с) по ГОСТ I0I8I.I-8I. Для смесей с нулевой осадкой конуса определяют только жесткость бетонной смеси. Для ячеистого бетона подвижность определяют по СН 277-80.

3.3. Определение показателей плотности, водопоглощения, а также пористости, весовой влажности и водонепроницаемости бетона при необходимости производят по ГОСТ I2730.0-78 - ГОСТ I2730.5-78.

4. ОПЫТНЫЕ ОБРАЗЦЫ. ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ И УСЛОВИЯ ТВЕРДЕНИЯ

4.I. С целью сопоставления отдельных результатов испытания при определении прочностных и деформационных свойств необходимо использовать для всех видов бетонов образцы стандартной формы и размеров в соответствии с ГОСТ I0I80-78 и ГОСТ 24452-80. При применении нестандартных образцов (по особым условиям опыта) необходимо предусматривать ограниченное числе стандартных образцов (3-6 образцов и более, в зависимости от разброса значений этих свойств), изготовляемых из того же замеса, что и нестандартные образцы.

Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности примененного заполнителя должны соответствовать требованиям ГОСТ I0I80-78. Опытные образцы-призмы изготовляют в формах в горизонтальном положении.

Проверку неплоскостности опорных поверхностей образцов и неперпендикулярности их смежных граней производят по ГОСТ I0I80-78.

4.2. При определении прочностных и деформационных характеристик всех видов бетонов предпочтительнее для испытаний использовать следующие образцы:

а) при определении сопротивления бетона одноосному сжатию и л и растяжению при раскалывании - кубы с размером ребра I50 и I00 мм, а также высверленные и выпиленные образцы согласно пп. 5.3 и 5.4 на-

стоящих Методических рекомендаций.

Дополнительно определяют сопротивление ячеистого бетона одноосному сжатию в высушенном состоянии на кубах с ребром 100 мм;

б) при определении прочностных и деформационных характеристик бетона при сжатии (растяжении) - призмы сечением 150х150 мм и высотой 600 мм, а также сечением 100х100 мм и высотой 400 мм в зависимости от крупности заполнителя.

Примечания: 1. Прочностные и деформационные характеристики ячеистого бетона определяют, как правило, на выпиленных или высверленных образцах по ГОСТ 12852.0-77.

2. При испытании образцов-призм для сопоставления испытывают на одноосное сжатие кубы (с ребром 150 или 100 мм для всех бетонов).

4.3. При определении различных характеристик бетона рекомендуется все образцы для испытаний 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 ± 20 кг/м^3 для всех видов бетонов.

4.4. Формы для изготовления образцов следует принимать в соответствии с требованиями ГОСТ 22685-77. Они должны быть разъемными и сделаны из твердого, не впитывающего воду материала, жесткими, чтобы не деформировались во время формования и тепловой обработки. Соединения элементов форм между собой должны быть плотными, исключающими утечку при формовании цементного молока. Внутренние поверхности форм (днище, стенки) должны быть строганными или шлифованными (класс чистоты поверхности не ниже 7 по ГОСТ 2789-73). Отклонение размеров и формы контрольных образцов от номинальных, неплоскостность их опорных поверхностей, прилегающих к плитам пресса, а также неперпендикулярность опорных и боковых поверхностей образцов не должны превышать значений, установленных ГОСТ 10180-78.

Внутренние поверхности форм следует смазывать тонким слоем минерального масла или специальной смазки, препятствующей прилипанию бетона к формам и не вызывающей коррозии бетона. Соответствие форм требованиям ГОСТ 10180-78 необходимо проверять не реже одного раза в 3 мес.

4.5. Перед формованием форму закрепляют на вибрационной площадке зажимами или при помощи магнитов. Вибрирование бетонной смеси в форме продолжают до полного прекращения ее оседания и появления на поверхности цементного раствора, но не дольше того времени, которое

соответствует показателю жесткости, увеличенному на 30 с. После окончания вибрирования избыток смеси срезают вровень с краями формы и заглаживают поверхность мастерком.

При изготовлении образцов одновременно с конструкцией (изделиями) должна быть обеспечена одинаковая плотность бетона (величина отклонения объемных масс бетона в образцах и изделиях принимается согласно п.4.3 настоящих Методических Рекомендаций).

Интервал времени между изготовлением первого и последнего контрольных образцов из одного и того же замеса должен быть не более одного часа и не более 20 мин при температуре воздуха выше 30 °С.

4.6. Отформованные образцы из тяжелого и на пористых заполнителях бетонов естественного твердения хранят в соответствии с ГОСТ 10180-78 в формах, укрытых от высыхания, при температуре помещения 20±2 °С. После распалубливания образцы помещают в камеру нормального твердения (с относительной влажностью воздуха не менее 95 % и температурой 20±2 °С) или хранят влажными под укрытием (пленкой) и выдерживают так до момента их испытания в соответствии с п.8.8 настоящих Методических рекомендаций. Допускается хранение образцов в помещении с температурой воздуха 20±2 °С во влажном песке.

После тепловой обработки образцы из тяжелого и на пористых заполнителях бетонов необходимо помещать (не позднее, чем через 1 сут) в камеру нормального твердения .

Образцы, твердеющие в формах под укрытием рядом с забетонированной конструкцией распалубливают одновременно с конструкцией; в этом случае в журнале испытаний указывают температурно-влажностные условия твердения образцов до и после их распалубки.

4.7. Для оценки правильности принятых составов бетона и технологии производства необходимо часть образцов выдерживать в камере нормального твердения и испытывать в возрасте 28 сут, сравнивая их прочность с прочностью в том же возрасте образцов, прошедших тепловую обработку находившихся в иных условиях твердения.

4.8. Образцы из ячеистого бетона после их автоклавной обработки до момента испытания, в соответствии с п.8.8 настоящих Методических рекомендаций, хранят в воздушно-сухих условиях в помещении с температурой воздуха 20±2 °С. В этом случае в журнале испытания указывают относительную влажность воздуха в помещении, в котором хранились образцы. Образцы из ячеистого бетона испытывают при естественной влажности и в высушенном состоянии с обязательным определением влажности по п.3.3 настоящих Методических рекомендаций. Высушивание

образцов производят в соответствии с ГОСТ 12852.0-77.

5. ВЫПИЛИВАНИЕ И ВЫСВЕРЛИВАНИЕ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ

5.1. При проверке качества бетона в конструкциях определение его прочностных и деформационных характеристик производят на выпиленных или высверленных образцах. При этом необходимо добиваться соответствия их характеристикам бетона конструкций. Во избежание занижения несущей способности конструкций, грубая обработка поверхности образцов обтеской не допускается. Особенно тщательно должно быть проверено соблюдение требований к размерам, формам и поверхности образцов по п.4.4 настоящих Методических рекомендаций.

Высверленные или выпиленные образцы (из тяжелого или на пористых заполнителях бетонов) следует испытывать в возможно короткий срок после изготовления, который фиксируется в журнале испытания. С этой целью полезно определять и указывать влажность бетона, изменения условий его твердения.

Порядок и схема выпиливания образцов из ячеистого бетона регламентируется ГОСТ 12852.0-77.

5.2. На высверленных и выпиленных образцах-кубах и цилиндрах нужно указать направление слоев формования. Маркировку образцов производят на той поверхности, с которой начали сверление или выпиливание.

5.3. Высверливание и выпиливание бетонных образцов из конструкции производят в соответствии с ГОСТ 10180-78.

Пилы должны быть снабжены устройствами, обеспечивающими строгое соответствие размеров и формы выпиленных и высверленных образцов требованиям п.4.4 настоящих Методических рекомендаций.

5.4. Выпиливание бетонных образцов из сборных конструкций и изделий производят на стационарных камнерезных станках. Размер образцов определяют с учетом размеров конструкции и расположения в ней арматуры.

Для высверливания или выпиливания образцов следует выбирать участки конструкции (изделия) без конструктивной арматуры (стержней и сеток). Образцы с конструктивной арматурой могут быть использованы: 1) для испытания на сжатие, если направление арматуры б у д е т перпендикулярно действию силы и 2) для испытания на изгиб, если арматура будет расположена параллельно действию силы. Диаметр армату-

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

6. ТРЕБОВАНИЯ К ПРЕССАМ И МАШИНАМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ БЕТОНА

6.1. Испытание бетона на сжатие следует производить на гидравлических прессах всех систем, отвечающих ГОСТ 8905-73*, а на растяжение - на испытательных машинах всех систем, отвечающих ГОСТ 7855-74. Допускается применение испытательных машин, прессов и отдельных установок для испытания иностранного производства, а также изготовленных в виде отдельных экземпляров на предприятиях министерств и ведомств и не прошедших государственные испытания. Указанные машины, прессы и установки должны быть аттестованы в установленном порядке организациями Госстандарта или ведомственными метрологическими службами в соответствии с ГОСТ 8.001-80.

Поверку и градуировку всех испытательных машин, прессов и установок для испытания проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78.

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

а) на правильный выбор прессов и их измерительной шкалы в зависимости от ожидаемого значения разрушающей силы (см. ГОСТ 10180-78 и и ГОСТ 24452-80) точность измерения силы не ниже 1 %;

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

в) на возможный эксцентрицитет пресса или испытательной машины, вызванный некоторым смещением их центральной оси, а также люфтами, появляющимися в процессе длительной их эксплуатации и пр. Эксцентрицитет не должен превышать установленного ниже значения на основании проведения контрольных испытаний стального эталонного образца с шлифованными торцами (класс чистоты поверхности не менее 7 по ГОСТ 2789-73*) с центрированием его по геометрической оси. При испытании на сжатие эталонный образец устанавливают одной из заранее выбранных граней на нижнюю опорную плиту пресса центрально относительно его оси, используя риски, нанесенные на плите. Упругие деформации по четырем граням образца-эталона при его сжатии (растяжении) не должны отклоняться от среднего значения более, чем на ± 5 %

во всем диапазоне измеряемых усилий (эксцентрицитет пресса (машины) устанавливают при его поверке).

6.3. Пресс, на котором производится испытание бетонных образцов, должен удовлетворять также требованиям:

а) иметь хорошее состояние шаровой опоры с возможностью легкого поворота плиты в любом направлении;

б) иметь достаточную жесткость опорных плит пресса: толщина их должна быть не менее 0,7–0,8a (где a – наибольший линейный размер опорной грани образца);

в) класс чистоты обработки рабочих поверхностей обеих плит пресса должен быть не менее 7 по ГОСТ 2789-73*; возможная истираемость рабочих поверхностей обеих плит пресса в процессе длительной его эксплуатации устанавливается при поверке пресса;

г) неплоскостность опорных поверхностей обеих плит пресса не должна превышать значений, установленных для контрольных образцов по ГОСТ 10180-78. При несоблюдении этого требования можно применять дополнительные опорные плиты толщиной не менее 0,2a, которые устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса с выступами за опорную грань образца не менее, чем на 20–30 мм. Класс чистоты поверхностей этих плит должен быть не менее 7 по ГОСТ 2789-73*.

6.4. При проведении испытаний на сжатие на прессе необходимо обеспечить:

а) одинаковый зазор между верхней опорной плитой пресса и опорной гранью образца (при испытании на прессе с нижней шаровой опорой). Для установления неплоскостности опорных поверхностей образцов рекомендуется использовать щупы;

б) начальное прижатие образца к подушкам пресса путем подачи масла в цилиндр, а не перемещением самой траверсы.

6.5. При проведении испытаний на одноосное растяжение на испытательной машине необходимо обеспечить:

надежное крепление анкерных приспособлений в захватах машины, исключив их поворот вокруг оси образца при нагружении;

надежное центрирование образца в захватах машины с помощью анкерных приспособлений, которые должны исключить разрушение образца в месте их контакта.

Рекомендуемый тип анкерного приспособления приведен в прил. I.

6.6. Перед испытанием следует установить, достаточна ли продольная жесткость пресса или испытательной машины, которая в большой мере зависит от силоизмерителя. Мерой жесткости является отно-

шение максимально достигнутого значения приращения силы N в кН к приращению смещения Δ в м между опорными (захватными) элементами пресса (испытательной машины). Показатель жесткости пресса или испытательной машины указывают в журнале испытания.

Жесткость пресса следует устанавливать при его поверке. С помощью домкрата создают усилия распора между опорными плоскостями (захватами), после снятия этого усилия замеряют сближение опорных подушек (захватов).

7. ТРЕБОВАНИЯ К УСТРОЙСТВАМ ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО НАГРУЖЕНИЯ БЕТОНА НА СЖАТИЕ (РАСТЯЖЕНИЕ)

7.I. В зависимости от цели исследования для длительного нагружения опытных образцов используются различные типы устройств, 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 г а з а (например, азота), либо сжатой жидкости (например, масла). Устройства в двух последних вариантах используются, как правило, для создания больших величин сил. Это оборудование должно отвечать требованиям ГОСТ 24544-8I.

7.2. Устройства для длительного нагружения должны обеспечить:

точность определения силы не ниже I %;

постоянство силы в течение длительного наблюдения путем автоматической регулировки с возможной ручной ее корректировкой время от времени;

плавность нагружения (без ударов, толчков и пульсаций), в том числе заданными ступенями силы в соответствии с п.8.5 настоящих Методических рекомендаций;

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

неизменность центральной оси образца в течение всего времени испытания;

достаточную жесткость загрузочной рамы;

равномерное распределение нагрузки по сечению образца;

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

7.3. Устройства для длительного нагружения должны удовлетворять

требованиям п.6.3 настоящих Методических рекомендаций. Опорные плиты в плане должны выступать за опорную грань образца не менее, чем на 20–30 мм.

7.4. Необходимо обеспечить соблюдение требований п.6.4 при проведении испытаний на сжатие и п.6.5 при проведении испытаний на растяжение настоящих Методических рекомендаций.

7.5. Поверку и градуировку устройств для длительного нагружения производят в соответствии с ГОСТ 8.001.80 в сроки, регламентированные ГОСТ 10180–78.

7.6. Жесткость устройств для длительного нагружения следует определять согласно п.6.6 настоящих Методических рекомендаций.

8. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПРОЧНОСТНЫХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ. ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ (РАСТЯЖЕНИЯ) БЕТОНА

8.1. Пресс или испытательную машину для испытания бетона следует выбирать руководствуясь положениями настоящих Методических рекомендаций.

8.2. Перед испытанием образцы маркируют, производят их визуальный осмотр и устанавливают 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. Образцы ровно опиливают (см.п.5.3 настоящих Методических рекомендаций) с целью удаления поверхностного слоя, например, если необходимо приклеить стальные захваты при испытании на осевое растяжение.

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

8.3. При определении сопротивления бетона одноосному сжатию (кубы, цилиндры), растяжению (восьмерки), растяжению при изгибе (балки) или раскалыванию (кубы, цилиндры, балки) нагрузка на образец должна возрастать непрерывно и равномерно до конца разрушения образца. Средняя скорость возрастания напряжения в указанных испытаниях должна соответствовать требованиям ГОСТ 10180–78.

8.4. В испытаниях по определению призменной прочности, началь-

ного модуля упругости при сжатии (растяжении) и коэффициента Пуассона бетона нагружение образцов производят в соответствии с требованием ГОСТ 24452-80, если нет других требований, предусмотренных программой.

8.5. В испытаниях по определению диаграммы сжатия (растяжения) $\sigma_x - \varepsilon_x$ бетона при ступенчатом нагружении сила на образец должна возрастать ступенями до конца разрушения. Величина двух первых ступеней составляет 0,05 от ожидаемой разрушающей (предельной) силы N_u, затем величина ступени увеличивается вдвое. Начиная со ступени $0{,}85N_u$ все последующие ступени нагружения уменьшают до $0{,}05\,N_u$. На каждой ступени производится выдержка, которая сохраняется постоянной в течение всего испытания и составляет 4-5 мин. Допускается проведение испытаний с непрерывно возрастающей нагрузкой (до самого конца разрушения) с постоянной скоростью роста напряжения ($d\sigma_x/dt = const$), при общей продолжительности испытания, соответствующей ступенчатому нагружению.

8.6. Для получения полной диаграммы сжатия (растяжения) бетона с нисходящей ветвью нагружение производят с постоянной скоростью роста деформации ($d\varepsilon_x/dt = const$) и общей продолжительностью испытания, соответствующей ступенчатому нагружению. Для этой цели рекомендуется оснащать прессы и машины: приставками; разгружающими образец упругими вставками, позволяющими регулировать скорость деформирования, а также использовать динамометрические устройства для непосредственного измерения нагрузки, приходящейся на образец в системе "упругие вставки - испытуемый образец" (прил.2). Рекомендуется также использовать автоматическую запись деформации с масштабом увеличения не менее 200:1. Порядок нагружения образцов записывают в журнале испытания (прил.3 и 4).

8.7. В испытаниях при определении прочностных и деформационных характеристик бетона центрирование образцов производят либо с помощью специального приспособления без разгрузки образца, либо путем пробных нагружений (до $0{,}2\,N_u$), либо другим способом с соблюдением требований ГОСТ 24452-80. При этом смещение геометрической оси образца относительно геометрической оси пресса не должно превышать $0{,}01\,a$ (a - размер стороны образца).

8.8. Испытание образцов производят в следующие сроки:

1) после автоклавной обработки бетона или его тепловой обработки без давления через 4-24 ч после ее окончания, но не позднее, чем через 2 сут.;

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

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

Примечания: I. Образцы из тяжелого бетона и на пористых заполнителях испытывают в состоянии естественной влажности, которую записывают в журнале испытаний. Образцы из ячеистого бетона испытывают как в состоянии естественной влажности, так и в высушенном состоянии.

2. При хранении образцов в камере "нормального твердения" или под пленкой испытание производят через I сут после извлечения их из камеры (снятия пленки) с выдерживанием их до испытания в помещении при температуре воздуха 20+2 °С.

3. При высушивании ячеистого бетона (см.п.4.2 настоящих Методических рекомендаций) испытание его производят в охлажденном состоянии через 4–5 ч после окончания высушивания.

8.9. В соответствии с п.3.3 настоящих Методических рекомендаций образцы взвешивают и обмеряют для определения их плотности (объемной массы). В процессе испытания фиксируется сила, при этом сопротивление бетона одноосному сжатию или растяжению определяется для каждого образца по формуле

$$R = \frac{N_u}{A}, \qquad (I)$$

где N_u – максимальная сила, вызывающая разрушение образца при сжатии (растяжении); А – площадь поперечного сечения образца.

Измерение размеров образца производят в соответствии с ГОСТ 10180-78. Средняя величина сопротивления бетона одноосному сжатию (растяжению) и показатель его изменчивости (коэффициент вариации) определяются в соответствии с ГОСТ 10180-78 и ГОСТ 18105.0-80.

8.10. При измерении деформации образцов, как правило, фиксируются не только продольные, но и поперечные деформации. Измерение относительных деформаций проводят с погрешностью не выше 0,001 % ($\varepsilon_x = 1 \cdot 10^{-5}$).

С помощью тензорезисторов (проводниковых тензодатчиков активного сопротивления)* отвечающих требованиям ГОСТ 21616-76, деформации бетона измеряют на базе не менее 50мм при наибольшей крупности заполните-

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

ля до 20мм, а при крупности до 40мм база увеличивается до 100мм. Вблизи приопорных участков образца создаются стесненные условия деформирования, поэтому максимальная база измерения деформации в направлении действия силы (как при сжатии, так и при растяжении) не должна превышать 2/3 высоты образца.

8.11. Тензометры для измерения линейных деформаций образца по ГОСТ 18957-73 устанавливают строго по осям граней и симметрично относительно поперечных осей образца (прил.1). Необходимо обеспечить их надежное крепление к образцу (без возможности смещения тензометров в течение всего интервала времени испытания).

8.12. При ступенчатом нагружении фиксируются деформации, возникающие в конце приложения каждой ступени нагружения и по окончании выдержки в соответствии с графиком, приведенным в прил.5. В других случаях деформации образца фиксируются на всем интервале времени нагружения для получения непрерывного графика "деформация-напряжение". При этом фиксируются: максимальные величины относительных деформаций образца-полные $\varepsilon_{i,max}$, деформации, возникающие в процессе приложения ступеней нагружения $\varepsilon_{i,e}$ (упруго-мгновенные деформации) и в процессе выдержки этих ступеней $\varepsilon_{i,p}$ (быстро нарастающие деформации ползучести или деформации кратковременной ползучести), а на полной диаграмме сжатия (растяжения) с нисходящей ветвью - полные относительные деформации $\varepsilon'_{i,u}$ и деформации, соответствующие наибольшей величине напряжения $\varepsilon'_{i,max}$ и др. (прил.5).

8.13. В процессе нагружения и по окончании в журнале испытания регистрируют характер трещинообразования и разрушения контрольных образцов, наличие раковин, пустот, особенно крупных зерен заполнителя и других дефектов.

8.14. При проведении испытаний соблюдают правила по технике безопасности, в частности, применяют приспособления для погашения освобождающейся при разрушении образца энергии (ограждения, сетки и т.п.) во избежание повреждения оборудования, приборов и поражения рабочего персонала осколками.

Определение сопротивления бетона одноосному сжатию
в серии образцов кубов (цилиндров)

8.15. Определение сопротивления бетона одноосному сжатию производят на кубах (цилиндрах) стандартной формы и размеров в соответствии с ГОСТ 10180-78 (см. пп. 4.1, 4.2 и 5.1 настоящих Методических рекомендаций).

8.16. После выполнения требований п.8.2, а при необходимости требований п.3.3 настоящих Методических рекомендаций определяют рабочее положение образца при испытании. Силу, как правило, направляют параллельно слоям бетона или для ячеистого бетона перпендикулярно направлению вспучивания смеси.

8.17. При проведении испытания следует выполнить требования пп. 6.1-6.6 настоящих Методических рекомендаций.

8.18. Образцы нагружают в соответствии с пп. 8.3-8.6. По максимальной достигнутой силе, вызвавшей разрушение образца определяют сопротивление бетона одноосному сжатию в соответствии с п.8.9. Силу записывают в журнал испытания, в котором указывают данные об образцах в соответствии с ГОСТ 10180-78, а также данные о характере трещинообразования и разрушения в соответствии с п.8.13 настоящих Методических рекомендаций.

8.19. При назначении требуемой проектной марки (класса прочности) по прочности на сжатие (растяжение) следует руководствоваться стандартами: ГОСТ 18105.0-80 - 18105.2-80, а также "Руководством по статистическим методам контроля и оценки прочности бетона с учетом его однородности по ГОСТ 18105-72*" (М., Стройиздат, 1974) и "Руководством по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов" (М., Стройиздат, 1977).

Определение призменной прочности, сопротивления бетона одноосному растяжению, начального модуля упругости бетона при сжатии (растяжении), диаграмм сжатия (растяжения) бетона

8.20. Определение призменной прочности, сопротивления одноосному растяжению и начального модуля упругости, а также диаграмм сжатия (растяжения) бетона производят по результатам испытания образцов по пп. 4.1 и 4.2 настоящих Методических рекомендаций.

8.21. После выполнения требований п.8.2, а при необходимости и п.3.3 настоящих Методических рекомендаций производят предварительную оценку изменчивости прочности бетона на основе данных о начальном времени (скорости) распространения ультразвуковых импульсов через бетон, вычисляемом по формуле

$$t_в = t'_в - t' \quad , \qquad (2)$$

где t' - время (в мкс) распространения ультразвука через акустический контакт и $t'_в$ - 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 17624-78.

Контроль прочности бетона указанным способом производится в соответствии с требованиям ГОСТ 18105.0-80. При больших отклонениях показателей изменчивости, превышающих указания ГОСТ 18105.0-80, серия образцов бракуется.

8.22. При проведении испытаний согласно п.8.20 настоящих Методических рекомендаций следует выполнить требования к условиям испытания на прессах или на испытательных машинах в соответствии с пп. 6.1-6.5 настоящих Методических рекомендаций.

8.23. Нагружение образцов производят в соответствии с пп. 8.4 и 8.5, а при наличии соответствующего оборудования в соответствии с п.8.6, соблюдая центрирование образцов в соответствии с п.8.7 настоящих Методических рекомендаций.

8.24. По максимальной силе, вызвавшей разрушение образца, определяют его сопротивление по п.8.9.Номера ступеней нагружения при испытании записывают в журнале испытания (прил.4), в котором указывают также данные об образцах согласно ГОСТ 10180-78, а также данные о характере трещинообразования и разрушения образцов в соответствии с п.8.13 настоящих Методических рекомендаций.

8.25. Измерение линейных деформаций образцов производят с учетом требований пп. 8.10-8.12 настоящих Методических рекомендаций.

8.26. Начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении определяется на основе измеренных деформаций в соответствии с ГОСТ 24452-80 по формуле

$$E_в = \sigma_x / \varepsilon_{x,e} \quad , \qquad (3)$$

где $\varepsilon_{x,e}$ - приращение упруго-мгновенной продольной относительной деформации бетона, соответствующее уровню внешней силы $N = 0,3N_u$.

При вычислении упруго-мгновенных деформаций необходимо убедиться по графикам в закономерности их роста с ростом силы (обычно закон близок к линейному). Быстронатекающие деформации ползучести бетона (кратковременная ползучесть) определяются как разность между полными и упруго-мгновенными деформациями (прил.5).

8.27. При испытаниях на осевое растяжение образцов-восьмерок по ГОСТ 10180-78 или других образцов с теми же размерами рабочего сечения торцы образцов предварительно опиливают согласно п.5.3, если необходимо их приклеить к стальным захватам.

8.28. Образец для испытания на осевое растяжение устанавливают в машину так, чтобы его вертикальная ось проходила по центру шарнира захватов испытательной машины. Для лучшего центрирования шарнир не должен быть закреплен на образце (прил.I).

Определение сопротивления бетона
растяжению при изгибе и при раскалывании

8.29. Определение сопротивления бетона растяжению при изгибе и раскалывании производят на образцах в соответствии с пп. 4.I, 4.2 настоящих Методических рекомендаций. Определение сопротивления бетона растяжению при раскалывании для бетонов на пористых заполнителях не рекомендуется. Сопротивление бетона растяжению при изгибе, как косвенная характеристика, имеет самостоятельное значение, когда по ней задается требуемая проектная марка бетона (например, для конструкций дорожных и аэродромных покрытий).

8.30. Испытание контрольных образцов для определения сопротивления бетона растяжению при изгибе и при раскалывании производят по ГОСТ I0I80-78. В прил.6 приведены схемы испытаний на растяжение при раскалывании и формула для вычисления этого сопротивления растяжению. Во всех этих испытаниях следует руководствоваться положениями пп. 6.I-6.6 настоящих Методических рекомендаций.

8.3I. Переходные коэффициенты от сопротивления бетона растяжению при изгибе κ_1 (при раскалывании κ_2) к одноосному растяжению приведены в табл. прил.6. ($R_t = \kappa_1 \cdot R_{t,m}$; $R_t = \kappa_2 \cdot R_{t,c}$) .

Определение сопротивления микротрещинообразованию
бетона при сжатии, поперечных деформаций и его
коэффициентов поперечных деформаций.

8.32. Определение сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии, поперечных деформаций и его коэффициентов поперечных деформаций производят, как правило, параллельно с определением других прочностных и деформационных характеристик бетона.

8.33. Для определения сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии фиксируются как продольные, так и поперечные деформации образца, а также время прохождения через него ультразвуковых импульсов (прил.7.).

8.34. Измерение времени прохождения ультразвуковых импульсов $t_{6,f}$ через опытный образец с ростом силы производится в направле-

нии перпендикулярном по отношению к осевому сжатию, а при необходимости и в других направлениях. Погрешность измерения ультразвуковых импульсов не должна превышать 0,1 мкс. Применяемые для этой цели ультразвуковые щупы следует устанавливать на противоположных гранях образца строго друг против друга и надежно приклеивать (например, с помощью воска, разбавленного канифолью) к поверхности образца, чтобы получить хороший контакт. Вместе с тем необходимо предусматривать многократное использование щупов. Крепление ультразвуковых щупов с помощью прижимных устройств не допускается.

Данные об измерении времени прохождения ультразвуковых импульсов при нагружении представляют в виде графика (прил.7). В журнале испытания указывают относительное изменение времени прохождения ультразвуковых импульсов через бетон, которое определяется по формуле

$$(t_{в,f} - t_в) / t_в = q_t / t_в \,, \qquad (4)$$

где $t_{в,f}$ – время прохождения ультразвуковых импульсов через бетон при напряжении σ_x ; $t_в$ – то же, до начала приложения нагрузки в соответствии с п.8.21 настоящих Методических рекомендаций.

8.35. При оценке сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии выделяют три области (прил.7):

а) от начала нагружения внешней силой до напряжения, соответствующего обнаружению микротрещин (нижняя граница) R_{inf} / R_{ef} и средняя граница при нечетком ее обнаружении R_m / R_{ef}. Достижение этих границ не опасно для эксплуатации сооружений при воздействии на них статических нагрузок;

б) от напряжения, соответствующего обнаружению микротрещин до напряжения, соответствующего минимальному объему образца (верхняя граница) R_{sup} / R_{ef} . Эта граница микротрещин опасна для эксплуатации сооружений, в особенности при повторных воздействиях, знакопеременных или при эксплуатации в условиях коррозионной среды;

в) при более высоких уровнях напряжения, чем R_{sup} / R_{ef} – область прогрессирующего развития микротрещин.

Указанные границы микротрещинообразования определяются следующим образом. Граница R_{inf} / R_{ef} (или R_m / R_{ef}) определяется на основании графика изменения времени (скорости) прохождения ультразвуковых импульсов q_t или графиков изменения параметров v и Δv при нагружении. Отношение R_{inf} / R_{ef} соответствует на графике точ-

ке, в которой угол наклона касательной к кривой равен нулю

$$dq_f / d\eta = 0$$

Отношение R_m / R_{ef} соответствует на том же графике точке, в которой величина q_f равна нулю

$$q_f = t_{\theta,f} - t_\theta = 0$$

Граница R_{sup} / R_{ef} определяется на основании графика изменения полных объемных относительных деформаций бетона $\varepsilon_v = \varepsilon_x - 2\varepsilon_y$ при нагружении или графика изменения величины отношения приращения полных поперечных к приращению полных продольных деформаций на каждой ступени нагружения $\Delta\varepsilon_y / \Delta\varepsilon_x$. На первом графике R_{sup} / R_{ef} соответствует точке, в которой угол наклона касательной к кри в о й равен нулю

$$d\varepsilon_v / d\eta = 0 \ ,$$

на втором графике - точке, в которой параметр $\Delta\nu$ равен 0,5

$$\Delta\nu = \Delta\varepsilon_y / \Delta\varepsilon_x = 0{,}5.$$

8.36. Коэффициент Пуассона (коэффициент поперечных упруго-мгновенных деформаций) бетона определяется в соответствии с ГОСТ 24452-80 по формуле

$$\nu_e = \varepsilon_{y,e} / \varepsilon_{x,e} \ , \qquad (5)$$

где $\varepsilon_{y,e}$ и $\varepsilon_{x,e}$ - приращения упруго-мгновенных поперечных и продольных относительных деформаций бетона, соответствующих уровню нагрузки $N = 0{,}3N_u$. Коэффициент ν_e, вычисленный по упруго-мгновенным деформациям бетона, близок к постоянной величине.

Коэффициент поперечных полных относительных деформаций бетона ν, который при нагружении изменяется, определяется на каждой ступени нагружения по формуле

$$\nu = \varepsilon_y / \varepsilon_x \ , \qquad (6)$$

где ε_y и ε_x - полные поперечные и продольные относительные деформации бетона при кратковременном его загружении на каждом уровне нагружения. Изменение коэффициента ν при нагружении представляют в виде графика (прил.7).

9. ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА, ЕГО ПРЕДЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ СЖАТИИ И РАСТЯЖЕНИИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОПЕРЕЧНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ

9.I. Определение длительного сопротивления бетона, его предельных деформаций и коэффициента поперечных деформаций при длительном нагружении при постоянной силе производят, как правило, на призмах в соответствии с пп. 4.I и 4.2 настоящих Методических рекомендаций. При применении образцов других форм и размеров (по особым условиям опыта) необходимо предусматривать параллельное кратковременное испытание ограниченного числа контрольных призм, указанных в п. 4.2 настоящих Методических рекомендаций и изготовляемых из одного замеса с массовыми образцами, с целью сопоставления с ними прочностных и деформационных характеристик бетона. Контрольные образцы необходимо испытывать в начале и в конце длительных испытаний, а также в промежуточные сроки.

9.2. Устройства для длительного нагружения должны отвечать требованиям разд.7 настоящих Методических рекомендаций.

9.3. В помещении для длительных испытаний поддерживают постоянные температурно-влажностные условия в течение всего срока испытания в соответствии с программой испытания. Опытные образцы, как правило, должны находиться в условиях свободного влагообмена со средой. Температуру и влажность среды записывают в журнал испытания.

9.4. После выполнения требований п.8.2, а при необходимости и требований п.3.3, производят предварительную оценку изменчивости прочности бетона в соответствии с п.8.2I настоящих Методических рекомендаций.

9.5. Загружение образцов под длительную постоянную нагрузку производят в сроки в соответствии с п.8.8 настоящих Методических рекомендаций.

9.6. Перед загружением под длительную нагрузку определяют прочность и модуль упругости на образцах-близнецах (3-6 образцов и более, а зависимости от разброса значений этих характеристик бетона), изготовляемых из одного замеса. Нагружение образцов производят согласно ГОСТ 24452-80 либо на прессе (или испытательной машине), либо в устройстве, добиваясь осевого приложения силы в соответствии с п.8.7 настоящих Методических рекомендаций.

9.7. Определение призменной прочности (сопротивления бетона одноосному растяжению), а также начального модуля упругости бетона при сжатии (растяжении) производят в соответствии с пп. 8.20-8.28 настоящих Методических рекомендаций.

9.8. Во время длительных испытаний контролируют возможные изменения сопротивления и модуля упругости бетона путем проведения соответствующих испытаний. При этом до испытания все образцы должны храниться в помещении, в котором проводятся длительные испытания, и в одинаковых условиях влагообмена со средой, что и загруженные образцы.

9.9. При определении длительного сопротивления бетона сначала ставят образцы под высокую нагрузку, порядка 95-90 % от кратковременной разрушающей силы, а после разрушения во времени заменяют их новыми образцами-близнецами под нагрузку на ступень ниже, порядка 85-90 % и т.д. Такая методика загружения позволяет с большей отдачей использовать устройства для длительного нагружения. На о д и н уровень нагрузки рекомендуется ставить 2-3 образца в зависимости от разброса значений сопротивления бетона сжатию (растяжению). Данные по длительному сопротивлению бетона представляются в виде графиков (прил.8), иллюстрирующих временную зависимость длительного сопротивления бетона при сжатии и развитие его деформаций ползучести, а также изменение коэффициента поперечных деформаций бетона при длительном нагружении.

9.10. Во время длительных испытаний фиксируются температурно-усадочные деформации на незагруженных контрольных образцах-близнецах $\varepsilon_m(t)$. Полученные данные используют для выделения деформаций ползучести $\varepsilon_{x,\rho}(t)$ из суммарных деформаций загруженных образцов $\varepsilon_x(t)$ по формуле

$$\varepsilon_{x,\rho}(t) = \varepsilon_x(t) - \varepsilon_{x,e} - \varepsilon_m(t) \qquad (7)$$

Во время длительных испытаний фиксируются также изменения начального модуля упругости с течением времени и учитывается это изменение при определении меры ползучести (удельных деформаций ползучести).

Примечание. Под полными деформациями бетона, вызванными внешней силой, подразумевается сумма упруго-мгновенных деформаций и деформаций ползучести за вычетом температурно-усадочных деформаций.

9.11. Одновременно с определением длительного сопротивления бе-

тона определяют его деформации ползучести в продольном и поперечном направлении $\varepsilon_{x,p}(t)$, $\varepsilon_{y,p}(t)$, используя одни и те же образцы. Учитывая быстрый рост деформаций ползучести бетона в начальный период после загружения и их заметное затухание по прошествии этого периода отсчеты по приборам после загружения образцов берут: в день загружения - через короткие интервалы времени (через 5-10 мин в течение одного часа, затем через 1,5, 2, 3, 6, 12 и 24 ч), в последующие дни первой недели - 2-3 раза в день, затем не реже 1-2 раз в неделю, а по истечении 6 мес - не реже одного раза в месяц.

Если деформации бетона представить так, как это показано в прил. 8, то кривые 3 и 10 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 натекающих деформаций ползучести (см.п.8.12 настоящих Методических рекомендаций).

9.12. С целью более полного анализа данных по длительному сопротивлению бетона при сжатии (растяжении) и с учетом происходящих в нем под высокой нагрузкой процессов микроразрушений необходимо предусматривать измерение как продольных, так и поперечных деформаций образцов с учетом требований пп. 8.10-8.12, а также - измерение времени (скорости) прохождения через бетон ультразвуковых импульсов с учетом требований п.8.34 настоящих Методических рекомендаций. Оценку сопротивления микротрещинообразованию бетона при кратковременном нагружении производят в соответствие с требованиями п.8.35 настоящих Методических рекомендаций, фиксируя границы микротрещинообразования.

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

$$\nu_p(t) = \varepsilon_{y,p}(t) / \varepsilon_{x,p}(t) , \qquad (8)$$

где $\varepsilon_{y,p}(t)$ и $\varepsilon_{x,p}(t)$ - поперечные и продольные относительные деформации ползучести бетона, соответственно, определенные с учетом быстронатекающих деформаций ползучести (см.п.8.12 настоящих Методических рекомендаций).

Коэффициент поперечных полных относительных деформаций бетона при длительном нагружении определяется по формуле

$$\nu(t) = \varepsilon_y(t) / \varepsilon_x(t) , \qquad (9)$$

где $\varepsilon_y(t)$ и $\varepsilon_x(t)$ - поперечные и продольные относительные де-

формации бетона, соответственно, за вычетом температурно-усадочных деформаций; при этом объемное относительное изменение бетона при сжатии и длительном загружении определяют по формуле $\varepsilon_v(t) = \varepsilon_x(t) - 2\varepsilon_y(t)$. Изменение коэффициентов $\nu_p(t)$ и $\nu(t)$, а также объемное относительное изменение бетона во времени изображают в виде графиков, аналогичных приведенным в прил.8.

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

$$q_p(t) = t_в(t) - t_{в,f},$$

где $t_в(t)$ - полное время прохождения ультразвуковых импульсов через бетон к моменту времени t, $t_{в,f}$ - то же, к моменту приложения длительной нагрузки в соответствии с п.8.34 настоящих Методических рекомендаций.

Изменение величины $q_p(t)$ изображают в виде графика (прил.8). Относительное изменение времени прохождения ультразвуковых импульсов через бетон определяется по формуле

$$q_p(t) / t_в \qquad (10)$$

9.15. Длительные испытания прекращают лишь после полного затухания деформаций ползучести бетона. Неразрушившиеся под длительной нагрузкой образцы испытывают до разрушения с целью определения их конечного сопротивления сжатию (растяжению). Догружение образцов осуществляют предварительной разгрузкой и без нее с указанием в журнале испытания порядка нагружения. Одновременно проводят испытания контрольных незагруженных образцов-близнецов до разрушения.

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

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

10.1. При обработке результатов испытаний среднее значение указанных в п.1.2 настоящих Методических рекомендаций характеристик бетона в серии образцов определяют в соответствии с ГОСТ 24452-80.

10.2. При анализе ошибок измерений определяемых характеристик бетона (прил.9) и других 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 обращают 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.

10.3. О степени точности измеренных при кратковременном и длительном нагружении характеристик прочности, деформаций и пр. можно судить по выборочному среднему квадратичному отклонению и коэффициенту вариации. При этом, если результат является функцией несколь - ких величин, то ошибку находят на основании ошибок отдельных измерений. Так, если начальный модуль упругости бетона определяется по формуле

$$E_б = \sigma_x / \varepsilon_{x,e} = \frac{N \cdot L}{A \cdot \Delta L_x}, \qquad (11)$$

тогда квадрат его относительной ошибки будет равен сумме квадратов относительных ошибок отдельных измерений величин N, L, A и ΔL_x

$$\left(\frac{S_E}{\bar{E}_б}\right)^2 = \left(\frac{S_N}{\bar{N}}\right)^2 + \left(\frac{S_L}{\bar{L}}\right)^2 + \left(\frac{S_A}{\bar{A}}\right)^2 + \left(\frac{S_{\Delta L}}{\Delta \bar{L}_x}\right)^2. \qquad (12)$$

Величина $S_E / \bar{E}_б$ есть отношение выборочного среднего квадрати - ческого 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.

10.4. 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 пред-

шествующего опыта) от случая, когда величина среднеквадратического отклонения S_n определяется на основании данной выборки. В последнем случае $\Delta \bar{X}$ определяется по формуле

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

где $t_p\,(n)$ – коэффициенты Стьюдента, зависящие от выбранной величины надежности p и от числа n произведенных измерения (табл. I прил.I0). При известной величине среднеквадратического отклонения формула принимает вид:

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

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 э т а величина σ :

$$S_n = \frac{W}{d_n}\ ,\quad S_n - \Delta S_n = \frac{W}{U_n}\ ,\quad S_n + \Delta S_n = \frac{W}{Z_n}\ , \qquad (15)$$

где W – разность между наибольшим и наименьшим результатами измерений (размах), d_n , U_n , Z_n – коэффициенты, приведенные в табл.2 (прил.I0) 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 (I4) 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 существенных отклонениях условий опыта от предшествующих. В этом случае следует использовать формулу (I3) для нахождения доверительного интервала по данной выборке.

Использование известного среднеквадратического отклонения σ (на основании предшествующего опыта) при анализе результата при малом числе измерений в несколько раз уменьшает (табл.3 прил.I0) относительную ошибку (или доверительный интервал) по сравнению со случаем, когда используется выборочное среднеквадратическое отклонение S_n (табл.4, прил.I0), что имеет практическое значение.

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

(прил. 10).

10.5. Величина среднеквадратического отклонения σ при большом числе измерений может быть найдена либо путем определения среднего размаха , либо путем предварительной обработки результатов, проведенной в относительных единицах. В первом случае по испытанным партиям определяется средний размах результатов, а именно

$$\bar{W} = \frac{\sum_1^i W_i}{n} \quad . \qquad (16)$$

Далее, для получения среднеквадратического отклонения следует воспользоваться коэффициентами d_n из табл.2 (прил. 10).

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

СХЕМЫ АНКЕРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ ТЕНЗОМЕТРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОБРАЗЦОВ ПРИ ОСЕВОМ РАСТЯЖЕНИИ

I - индикаторы; 2 - образец; 3 - анкерное устройство; 4 - тензометры тензорезисторные

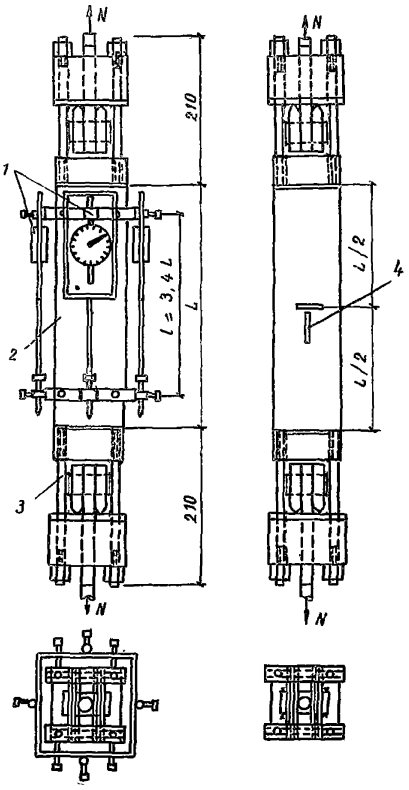
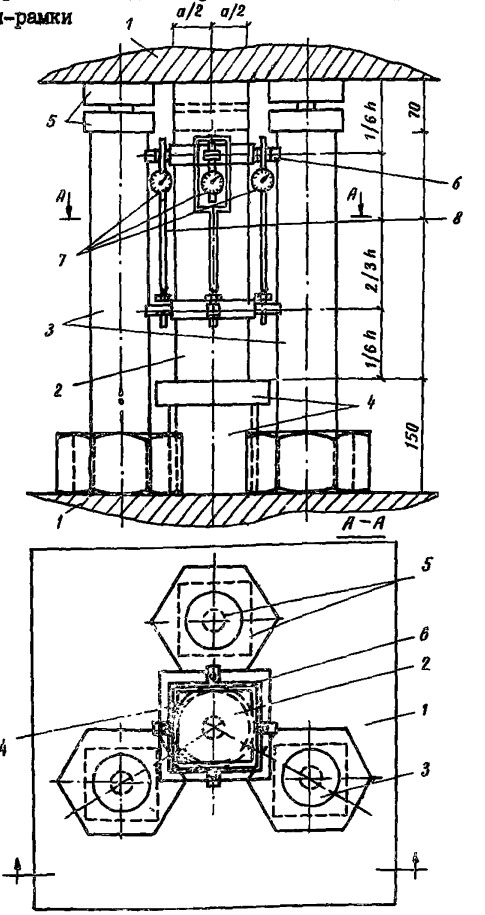


СХЕМА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОЙ ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ БЕТОНА С НИСХОДЯЩЕЙ ВЕТВЬЮ

I – плиты пресса; 2 – бетонный образец; 3 – упругие стальные вставки d = 80 мм, снабженные опорными гайками; 4 – кольцевой динамометр с опорной плитой; 5 – шаровые опоры; 6 – стальные рамки для крепления индикаторов; 7 – индикаторы; 8 – соединительные вставки-рамки



ЖУРНАЛ[1] СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА ОДНООСНОМУ СЖАТИЮ (РАСТЯЖЕНИЮ), РАСТЯЖЕНИЮ ПРИ ИЗГИБЕ И РАСКАЛЫВАНИИ

Марка образцов _____

Количество образцов в серии (партии) _____

Условия твердения и возраст образцов при испытании: _____

Дата изготовления образцов _____

Дата испытания образцов _____

Наименование пресса, краткая его характеристика в соответствии с разд.6 настоящих Методических рекомендаций: _____

№№ пп	Размеры поперечного сечения образца, мм	Высота образца, мм	Площадь поперечного сечения, $см^2$	Масса образца, кг	Плотность (объемная масса) образца, $кг/м^3$	Предельное напряжение, МПа	Сила N_u, кН	Примечание (состояние поверхности; геометрическая форма образцов; характер трещинообразования и разрушения образцов)
					Средняя	Среднее		

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

"___" _____ 198__ г.

Руководитель _____

Исполнитель _____

ЖУРНАЛ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЗМЕННОЙ ПРОЧНОСТИ, СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА ОДНООСНОМУ РАСТЯЖЕНИЮ, НАЧАЛЬНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ БЕТОНА ПРИ СЖАТИИ (РАСТЯЖЕНИИ) И ЕГО ДИАГРАММ СЖАТИЯ (РАСТЯЖЕНИЯ) И ДРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Марка образцов _____

Количество образцов в серии (партии) _____

Условия твердения и возраст образцов при испытании: _____

Дата изготовления образцов _____

Дата испытания образцов _____

Площадь поперечного сечения и высота образца (мм) _____

Масса образца (кг) и его объемная масса (кг/м^3) _____

База измерения деформаций (мм) _____

Характеристика приборов, погрешность их измерений _____

Наименование пресса (машины), краткая характеристика в соответствии с разд.6 настоящих Методических рекомендаций _____

Номер ступени нагружения	Время испытания, t, мин	Сила N_u, кН	Показания приборов при измерениях продольных (поперечных) деформаций $\Delta L \cdot 10^3$, мм								Среднее приращение
			1		2		3		4		
			отсчет	приращение	отсчет	приращение	отсчет	приращение	отсчет	приращение	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
0											
0											
I											
I											

Продолжение прил.4

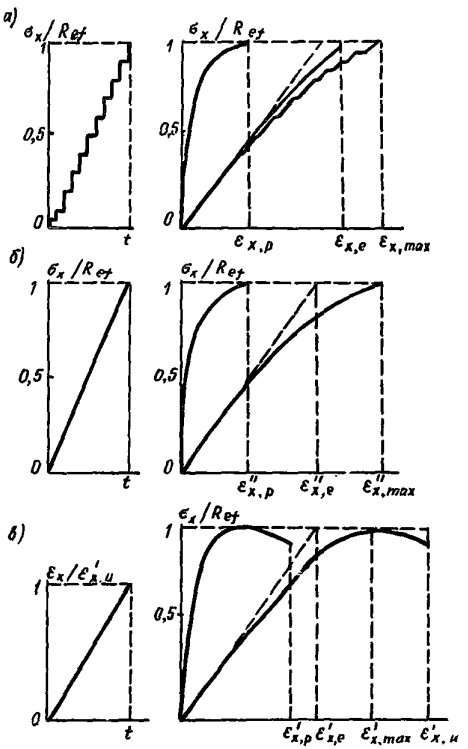
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
2											
2											
3											
3											
4											
4											
5											
5											
6											
6											
7											
7											
8											
8											
9											
9											
I0											
I0											

"__" _____ 198__ г.

Руководитель _____
Исполнитель _____

ДИАГРАММЫ СЖАТИЯ И СХЕМЫ НАГРУЖЕНИЯ БЕТОНА

Нагружение ступенями (а), с постоянной скоростью нагружения (б) и с постоянной скоростью роста деформации (в)

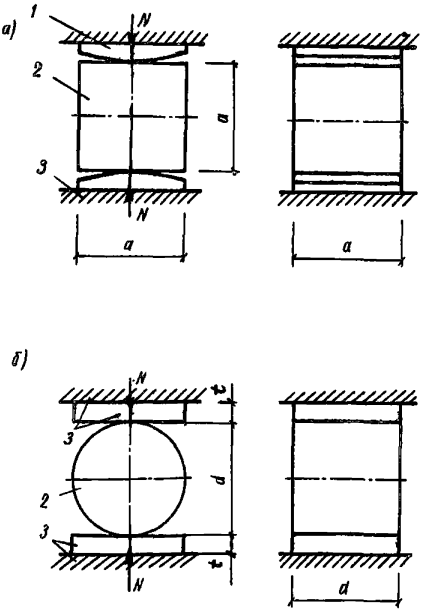


СХЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА РАСТЯЖЕНИЮ ПРИ РАСКАЛЫВАНИИ

а – испытание кубов; б – испытание цилиндров;

I – цилиндрическая пластина с R=75±5мм; 2–образец; 3–опорная плита

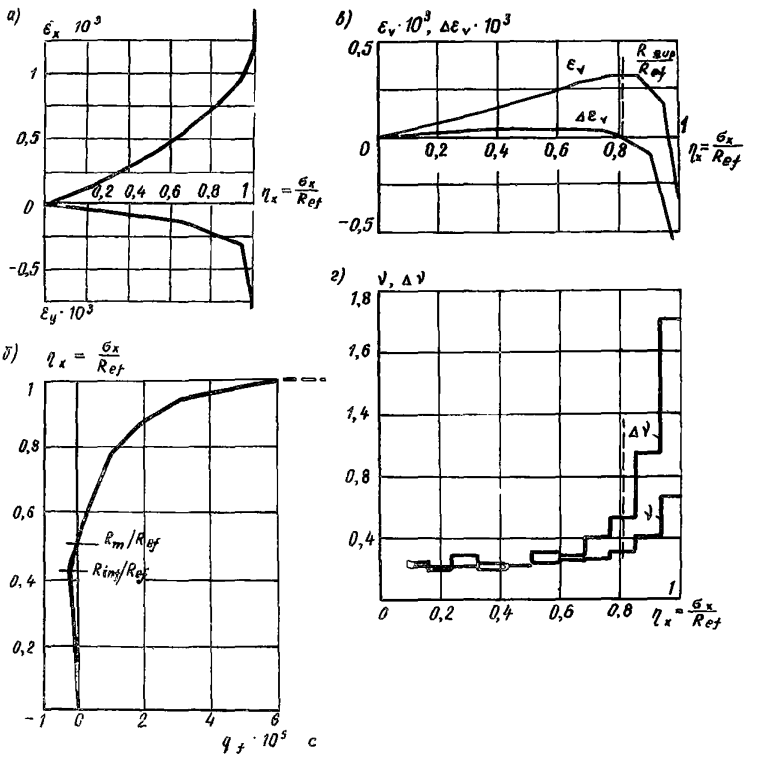
Сопротивление бетона растяжению при раскалывании $R_{t,c} = \frac{2N_u}{\pi a^2} = \frac{2N_u}{\pi d^2}$.



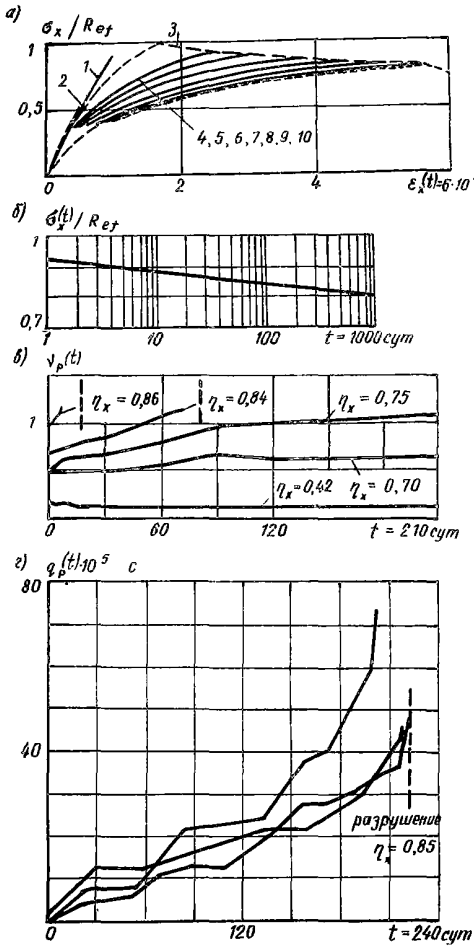
Сопротивление бетона одноосному растяжению, R_t, МПа	Значения коэффициентов	
	K_1	K_2
20 и ниже	0,58	0,87
25	0,57	0,85
30	0,55	0,83
35	0,52	0,80
40 и выше	0,50	0,77

ПАРАМЕТРЫ БЕТОНА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ И ЕГО КОЭФФИЦИЕНТ ПОПЕРЕЧНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Графики изменения: относительных деформаций бетона (а), времени q_f (б), относительного объема ε_v (или его приращений $\Delta\varepsilon_v$) (в), коэффициента ν (или его приращений $\Delta\nu$) (г)



ПАРАМЕТРЫ БЕТОНА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НАГРУЖЕНИИ И ЕГО КОЭФФИЦИЕНТ ПОПЕРЕЧНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ



Графики изменения относительных деформаций бетона (а), его длительного сопротивления (б), коэффициента $\nu_p(t)$ (в) и времени $q_p(t)$ (г) при длительном нагружении

1 – деформация упруго-мгновенная $\varepsilon_{x,c}$; 2 – то же полная ε_x; 3 – то же предельная при длительном нагружении $\varepsilon_{x,u}(t)$; деформация при длительном нагружении $\varepsilon_x(t)$ через 1 сут (кривая 4); то же через 3 сут (кривая 5); через 1 мес (кривая 6); через 3 мес (кривая 7); через 6 мес (кривая 8); через 1 год (кривая 9) и через 2 года (кривая 10).

Приложение 9

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНЫХ ПРОЧНОСТНЫХ, ДЕФОРМАЦИОННЫХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ ИЗМЕНЧИВОСТИ

Наименование	Обозначения	Размерности в единицах СИ
I	2	3
Сопротивление бетона одноосному сжатию в серии образцов-кубов	R	МПа
Сопротивление бетона одноосному растяжению в серии образцов	R_t	То же
Сопротивление бетона одноосному сжатию в серии образцов-цилиндров	R'_{ef}	"
Сопротивление бетона одноосному сжатию в серии образцов-кубов высушенных	R_d	"
Сопротивление бетона одноосному сжатию в серии образцов-призм (призменная прочность)	R_{ef}	"
Сопротивление бетона растяжению при изгибе в серии образцов	$R_{t,m}$	"
Сопротивление бетона растяжению при раскалывании в серии образцов	$R_{t,c}$	"
Начальный модуль упругости бетона при сжатии	E_b	"
Начальный модуль упругости бетона при растяжении	$E_{b,t}$	"
Нормальное напряжение	σ_x	"
Относительная величина нормального напряжения	$\eta_x = \sigma_x / R_{ef}$	
Предельная продольная сила, воспринимаемая образцом	N_u	кН
Площадь поперечного сечения образца	A	$м^2$
Длина образца	L	м
Масса бетона	m	кг
Масса бетона после высушивания	m_d	То же

1	2	3
Относительное изменение массы бетона после высушивания	$\Delta m = \frac{m - m_d}{m_d}$	-
Жесткость пресса (машины)или устройства для длительного нагружения	N_u / Δ	кН/м
Скорость возрастания напряжений при испытании образца	$v_f = \frac{d\sigma_x}{dt}$	МПа/с
Скорость возрастания относительных деформаций образца при его испытании	$v_\varepsilon = \frac{d\varepsilon_x}{dt}$	м/м/с
Текущее время	t	с
Абсолютное приращение продольной деформации образца	ΔL_x	м
Абсолютное приращение поперечной деформации образца	ΔL_y	То же
Продольная относительная упруго-мгновенная деформация	$\varepsilon_{x,e}$	м/м
Продольная относительная деформация кратковременной ползучести	$\varepsilon_{x,p}$	"
Продольная полная относительная деформация при кратковременном нагружении	ε_x	"
Продольная максимальная относительная деформация при кратковременном нагружении при сжатии	$\varepsilon_{x,max}$	"
Продольная максимальная относительная деформация при кратковременном нагружении при растяжении	$\varepsilon_{x,t\ max}$	"
Поперечная упруго-мгновенная относительная деформация	$\varepsilon_{y,e}$	"
Поперечная относительная деформая кратковременной ползучести	$\varepsilon_{y,p}$	"
Поперечная полная относительная деформация при кратковременном нагружении	ε_y	"
Коэффициент Пуассона (поперечных относительных упруго-мгновенных деформаций)	$\nu_e = \frac{\varepsilon_{y,e}}{\varepsilon_{x,e}}$	-
Коэффициент поперечных полных относительных деформаций при кратковременном нагружении	$\nu = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}$	-

I	2	3
Объемное относительное изменение бетона при сжатии и кратковременном нагружении	ε_v	м/м
Скорость объемного относительного изменения бетона с ростом нагрузки	$v_{\varepsilon_v} = \frac{d\varepsilon_v}{dt}$	мм/с
Нижняя граница микротрещинообразования в бетоне при сжатии	$R_{inf} \,/\, R_{ef}$	-
Граница появления разуплотнения структуры бетона и микротрещин при сжатии	$R_m \,/\, R_{ef}$	-
Верхняя граница прогрессирующего микротрещинообразования в бетоне при сжатии	$R_{sup} \,/\, R_{ef}$	-
Длительное сопротивление бетона при сжатии	$R_{ef}(t)$	МПа
Длительное сопротивление бетона при растяжении	$R_t(t)$	То же
Продольная относительная деформация ползучести при сжатии	$\varepsilon_{x,\rho}(t)$	м/м
Продольная относительная деформация ползучести при растяжении	$\varepsilon_{x,t,\rho}(t)$	"
Продольная полная относительная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_x(t)$	"
Продольная полная относительная деформация при растяжении и длительном нагружении	$-\varepsilon_{x,t}(t)$	м/м
Продольная предельная относительная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_{x,u}(t)$	То же
Продольная предельная относительная деформация при растяжении и длительном нагружении	$\varepsilon_{x,t,u}(t)$	"
Поперечная относительная деформация ползучести при сжатии	$\varepsilon_{y,\rho}(t)$	"
Поперечная полная относительная деформация при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_y(t)$	"
Коэффициент поперечных полных относительных деформаций при длительном нагружении	$\nu(t) = \frac{\varepsilon_y(t)}{\varepsilon_x(t)}$	-
Коэффициент поперечных относительных деформаций при длительном нагружении	$\nu_\rho(t) = \frac{\varepsilon_{y,\rho}(t)}{\varepsilon_{x,\rho}(t)}$	-

1	2	3
Объемное относительное изменение бетона при сжатии и длительном нагружении	$\varepsilon_{v,\rho}(t) = \varepsilon_{x,\rho}(t) - 2\varepsilon_{cp}(t)$	м/м
Температурно-усадочная относительная деформация незагруженного образца	$\varepsilon_m(t)$	То же
Начальное время распространения ультразвуковых импульсов через бетон	$t_в$	мк с
Полное время распространения ультразвуковых импульсов через бетон к моменту приложения длительной нагрузки при σ_x	$t_{в,f}$	То же
Изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$q_f = t_{в,f} - t_в$	"
Изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон при длительном нагружении	$q_\rho(t) = t_в(t) - t_{в,f}$	"
Скорость изменения времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$v_q = \frac{dq_f}{d\sigma_x}$	$\frac{\text{мк с}}{\text{МПа}}$
Относительное изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон при длительном нагружении	$q_\rho(t) / t_в$	-
Относительное изменение времени распространения ультразвуковых импульсов через бетон с ростом нагрузки	$q_f / t_в$	-
Среднее арифметическое результатов измерений	$\bar{X}$	
Среднее квадратическое отклонение в общей выборке	$S_n = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n-1}\right)^{1/2}$	Размерность характеристики
Коэффициент вариации (показатель изменчивости); характеризует степень отклонения отдельных результатов X_i от центра рассеяния $\bar{X}$	$v = \frac{\Delta S_n}{\bar{X}}$	-

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

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	2,33	0,18	2,77	0,09	3,64	0,02
3	1,693	2,90	0,62	3,31	0,43	4,12	0,19
4	2,059	3,24	0,98	3,63	0,76	4,40	0,43
5	2,326	3,48	1,26	3,86	1,03	4,60	0,66
6	2,534	3,66	1,49	4,03	1,25	4,76	0,87
7	2,704	3,81	1,68	4,17	1,44	4,88	1,15
8	2,847	3,93	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

Таблица 3

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

p \ v,%	5	10	15	20	30
	Относительная ошибка не более ±5%				
0,90	3	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. $v = \sigma / \bar{x}$ - коэффициент вариации, p - требуемая надежность.

Таблица 4

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

ρ \ V,%	5	10	15	20
I	2	3	4	5
	Относительная ошибка ($\frac{\Delta \bar{X}}{\bar{X}}$ 100) не более $\pm$1%			
0,50	13	47	104	184
0,75	35	135	300	532
0,90	71	274	612	1085
0,95	100	387	868	1541
0,99	171	669	1501	2668
0,999	270	1115	2401	4356
	Относительная ошибка не более $\pm$3%			
0,50	3	6	13	21
0,75	6	16	35	60
0,90	10	33	70	123
0,95	14	46	99	174
0,99	23	78	171	299
0,999	37	127	279	488
	Относительная ошибка не более $\pm$5%			
0,50	2	3	6	9
0,75	3	7	14	23
0,90	5	14	27	46
0,95	7	19	38	65
0,99	11	31	65	111
0,999	18	49	104	178
	Относительная ошибка не более $\pm$10%			
0,50	1	2	3	4
0,75	2	3	4	7
0,90	3	5	8	13
0,95	4	7	12	18
0,99	5	11	19	31

Продолжение прил.10
Таблица 4

I	2	3	4	5
0,999	8	I7	30	49
	Относительная ошибка не более ±20%			
0,50	I	I	2	2
0,75	2	2	3	3
0,90	2	3	4	5
0,95	3	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	3
0,90	2	2	3	4
0,95	2	3	4	5
0,99	3	4	5	6
0,999	4	5	8	II

Примечание. $v = S_n / \bar{x}$ – коэффициент вариации; p – требуемая надежность.

Таблица 5

Количество опытов для получения достоверных результатов среднеквадратического отклонения

P	Относительная ошибка среднеквадратического отклонения ($\frac{\Delta S_n}{S_n}$ I00)				
	±3%	±5%	±I0	±20	±30%
0,5	254	92	23	6	4
0,75	737	266	68	I8	8
0,9	I507	545	I39	37	I9
0,95	2I38	774	I98	55	27
0,99	3704	I34I	347	97	50
0,999	-	2I89	575	I66	86

ОСНОВНЫЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТЫ, ТРЕБОВАНИЯМ КОТОРЫХ ДОЛЖНЫ УДОВЛЕТВОРЯТЬ ИССЛЕДУЕМЫЕ БЕТОНЫ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ

ГОСТ 10180-78	Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение.
ГОСТ 12852.0-77	Бетон ячеистый. Общие требования к методам испытаний.
ГОСТ 18105.0-80	Бетоны. Правила контроля прочности. Основные положения.
ГОСТ 18105.1-80	Бетоны. Правила контроля прочности на сжатие для сборных конструкций.
ГОСТ 18105.2-80	Бетоны. Правила контроля прочности на сжатие для монолитных конструкций.
ГОСТ 10268-80	Бетон тяжелый. Технические требования к заполнителям.
ГОСТ 9759-76	Гравий и песок керамзитовые. Технические условия.
ГОСТ 11991-76	Щебень и песок аглопоритовые. Технические условия.
ГОСТ 310.1-76	Цементы. Методы испытаний. Общие положения.
ГОСТ 10178-76	Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
ГОСТ 10181.1-81	Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.
ГОСТ 12730.0-78	Бетоны. Общие требования к методам определения влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости.
ГОСТ 2789-73*	Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
ГОСТ 8905-73*	Прессы для испытания строительных материалов.
ГОСТ 7855-74	Машины разрывные универсальные для статических испытаний металлов.
ГОСТ 8.001-80	ГСИ. Организация и порядок проведения государственных испытаний средств измерений.
ГОСТ 8.088-73	ГСИ. Индикаторы рычажно-зубчатые с ценой деления 0,01 мм. Методы и средства поверки.
ГОСТ 17624-78	Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.
ГОСТ 8309-75	Лупы измерительные.
ГОСТ 8905-73	Прессы гидравлические для испытания строительных материалов. Технические условия.

ГОСТ 9500-75	Динамометры образцовые переносные.
ГОСТ I3837-79	Динамометры общего назначения. Технические условия.
ГОСТ I4968-69	Микроскопы универсальные измерительные.
ГОСТ 882-75	Щупы. Основные параметры. Технические требования.
ГОСТ I8957-73	Тензометры для измерения линейных деформаций строительных материалов и конструкций. Общие технические условия.
ГОСТ 8269-76	Щебень из естественного камня, гравий и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытаний.
ГОСТ 8735-75	Песок для строительных работ. Методы испытаний.
ГОСТ 9758-77	Заполнители пористые неорганические для бетона. Методы испытаний.
ГОСТ 22685-77	Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия.
ГОСТ 5950-73	Сталь инструментальная легированная.
ГОСТ 24211-80	Добавки для бетонов. Классификация.
ГОСТ 23667-79	Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.
ГОСТ I5077-78	Датчики силоизмерительные тензорезисторные. ГСП. Общие технические условия.
ГОСТ I5533-80	Машины для испытания металлов на длительную прочность и ползучесть. Типы. Основные параметры.
ГОСТ 2I6I6-76	Тензорезисторы. Общие технические условия.
ГОСТ 23049-78	Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Общие технические требования.
ГОСТ 23702-79	Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Основные параметры и методы их измерений.
ГОСТ 24217-80	Машины для испытания металлов на усталость. Типы. Основные параметры.
ГОСТ 2I6I5-76	Тензорезисторы. Методы определения характеристик.
ГОСТ 24452-80	Бетоны. Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона.
ГОСТ 24544-81	Бетоны. Метод определения деформаций усадки и ползучести.

ГОСТ 577-68	Индикаторы часового типа с ценой деления 0,0Iмм
ГОСТ 5584-75	Индикаторы рычажно-зубчатые с ценой деления 0,0I мм. Типы. Основные параметры и размеры. Технические требования.
ГОСТ 9696-75	Индикаторы многооборотные с ценой деления 0,00I и 0,002 мм. Типы. Основные параметры и размеры. Технические требования.
ГОСТ 25I92-82	Бетоны. Классификация и общие технические требования.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Область применения	4
2. Исходные материалы для приготовления бетона	4
3. Состав бетонной смеси, объемная масса (плотность) бетона	5
4. Опытные образцы. Их изготовление и условия твердения	6
5. Выпиливание и высверливание опытных образцов из конструкций и изделий	9
6. Требования к прессам и машинам для испытания бетона	I0
7. Требования к устройствам для длительного нагружения бетона на сжатие (растяжение)	I2
8. Подготовка и проведение испытаний для определения основных прочностных, деформационных и структурных характеристик бетона при кратковременном статическом нагружении. Диаграммы сжатия (растяжения) бетона	I3
Определение сопротивления бетона одноосному сжатию в серии образцов кубов (цилиндров)	I6
Определение призменной прочности, сопротивления бетона одноосному растяжению, начального модуля упругости бетона при сжатии (растяжении), диаграмм сжатия (растяжения) бетона	I7
Определение сопротивления бетона растяжению при изгибе и раскалывании	I9
Определение сопротивления микротрещинообразованию бетона при сжатии, поперечных деформаций и его коэффициентов поперечных деформаций	I9
9. Подготовка и проведение испытаний для определения длительного сопротивления бетона, его предельных деформаций при сжатии и растяжении и коэффициента поперечных относительных деформаций при длительном нагружении	22
I0. Некоторые общие требования к анализу ошибок измерений и результатов испытаний по определению основных прочностных и деформационных характеристик бетона	25
Приложение I. Схемы анкерного приспособления и крепления тензометров для измерения линейных деформаций образцов при осевом растяжении	29

Стр.

Приложение 2. Схема испытательного устройства для определения полной диаграммы сжатия бетона с нисходящей ветвью 30

Приложение 3. Журнал статических испытаний для определения сопротивления бетона одноосному сжатию (растяжению), растяжению при изгибе и при раскалывании 31

Приложение 4. Журнал статических испытаний для определения призменной прочности, сопротивления бетона одноосному растяжению, начального модуля упругости бетона при сжатии (растяжении) и его диаграмм сжатия (растяжения) и других характеристик 32

Приложение 5. Диаграммы сжатия и схемы нагружения бетона .. 34

Приложение 6. Схемы испытаний по определению сопротивления бетона растяжению при раскалывании 35

Приложение 7. Параметры бетона при кратковременном нагружении и его коэффициент поперечных относительных деформаций 36

Приложение 8. Параметры бетона при длительном нагружении и его коэффициент поперечных относительных деформаций 37

Приложение 9. Перечень основных прочностных, деформационных и структурных характеристик бетона и показателей их изменчивости 38

Приложение 10. Таблицы по статистической оценке определяемых характеристик бетона 42

Приложение 11. Основные государственные стандарты, требованиям которых должны удовлетворять исследуемые бетоны, материалы для их приготовления и методы их испытаний 48

gost.e-ecolog.ru