Госстрой СССР
Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона

(НИИЖБ)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПЫТАНИЮ И ОЦЕНКЕ ПРОЧНОСТИ, ЖЕСТКОСТИ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Утверждены
директором НИИЖБ
2 октября 1986 г.

Москва 1987

gost.e-ecolog.ru

УДК 624.012.45.046:539.4

Печатаются по решению секции № 2 НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 21 июня 1985 г.

Рекомендации по испытанию и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости опытных образцов железобетонных конструкций.- М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1987.- С.36.

Рекомендации содержат правила проведения испытаний методом нагружения опытных бетонных и железобетонных конструкций и образцов для оценки их прочности, жесткости и трещиностойкости.

Приведены требования к испытательным установкам и измерительным приборам, а также по технике безопасности. В приложении даны примеры схем испытаний различных конструкций и элементов на изгиб, сжатие и сдвиг.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников научно-исследовательских и проектных организаций.

Табл.2, илл.19.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона Госстроя СССР, 1987

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Рекомендациях изложены правила проведения испытаний методом нагружения опытных образцов бетонных и железобетонных конструкций для определения их прочности, жесткости и трещиностойкости. Такие испытания проводят при проверке правильности проектной разработки типовых конструкций и конструкций массового изготовления, при разработке и проверке индивидуальных решений сложных конструкций, для оценки деформирования которых под нагрузкой в практике нет теоретических подходов.

Для совершенствования методов расчета и проверки проектных решений конструкций важно обеспечить единство методики изготовления образцов, испытания их нагрузкой и обработки экспериментальных данных.

В Рекомендациях обобщен опыт проведения экспериментальных работ, накопленный в различных исследовательских и проектных организациях.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн. н а у к В.А.Клевцов, канд.техн.наук И.К.Белобров) совместно с НИИСК Госстроя СССР (инж. С.Е.Мазур, кандидаты техн.наук Я.И.Маркус и М.В.Сидоренко).

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Рекомендации распространяются на опытные бетонные и железобетонные конструкции, а также на опытные бетонные и железобетонные образцы и устанавливают правила их испытаний статической кратковременно действующей нагрузкой и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. Эти правила необходимы при проведении научно-исследовательских работ, а также при испытаниях опытных конструкций в соответствии с ГОСТ I5.90I-85.

I.2. Под опытной конструкцией следует понимать отдельный конструктивный элемент (плита, ригель, колонна и т.п.), узел сопряжения конструктивных элементов или их сочетание (фрагмент здания), изготовленные по чертежам опытных конструкций и предназначенные для испытания с целью проверки принятого конструктивного решения или расчетных положений.

Под опытными образцами следует понимать бетонные или железобетонные образцы в виде балочек, элементов колонн или узлов, предназначенных для изучения отдельных вопросов расчета или конструирования бетонных и железобетонных конструкций.

I.3. Рекомендации устанавливают общие правила подготовки и проведения испытания опытных конструкций нагружением и анализа полученных результатов. Специфику испытаний конструкций отдельных видов следует отражать в программах испытаний или отдельных документах.

I.4. Опытные конструкции следует испытывать в процессе разработки на них типовых чертежей и чертежей конструкций, предназначенных для повторного применения, а также конструкций, при изготовлении которых используются новые виды арматуры, бетона или новые технологические приемы формования, тепловлажностной обработки, отпуска натяжения арматуры.

Примечание. Необходимость испытаний опытной конструкции определяется проектной организацией (автором проекта конструкции) и участвующей в разработке конструкции научно-исследовательской организацией. В качестве опытных можно испытывать также конструкции, которые при проектировании не предназначены для применения в качестве типовых, и при изготовлении которых не использовались новые виды материалов или новые технологические приемы.

I.5. Испытание конструкций необходимо производить до разрушения. На испытание конструкций пробной нагрузкой в составе зданий и сооружений Рекомендации не распространяются.

I.6. Рекомендации не распространяются на испытания, проводимые в целях контроля качества изготовления.

I.7. Перед началом испытаний следует составить программу, а по результатам испытаний - отчет. Материалы отчета служат основанием для составления протокола испытаний по форме, предусмотренной ГОСТ I5.90I.85.

I.8. Для составления программы испытаний необходимо иметь: рабочие чертежи опытной конструкции; данные о нагрузках, на которые она рассчитана; статический расчет; расчет конструкций. Программа испытаний содержит: данные об используемом оборудовании и приборах; требования к изготовлению опытных конструкций и измерениям, проводимым при изготовлении; методику проведения испытания.

I.9. Состав отчета указан в п.8.I2 настоящих Рекомендаций.

2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

2.I. Установки для проведения испытания должны включать: нагружающие устройства; опоры; силовые конструкции, обеспечивающие возможность приложения нагрузки к испытываемой конструкции или образцу в соответствии с требуемой схемой; связующие элементы, гарантирующие работу испытываемых конструкций в соответствии с расчетной схемой; приспособления, обеспечивающие безопасность работ.

Установки должны обеспечивать испытания конструкций, как правило, в рабочем положении (установку на опоры, закрепление и приложение нагрузки в соответствии с программой проведения испытания), а также исключить связи, препятствующие свободной деформации опытной конструкции или образца при нагружении.

2.2. Для испытаний следует применять либо специальные установки, предназначенные только для проверки конструкции определенного типа, либо универсальные, позволяющие испытывать разные конструк - ции.

Схемы установок для испытания конструкций разного типа приведены в приложении.

2.3. Если позволяют габариты конструкций и значение испытательной нагрузки, испытания следует проводить на испытательных машинах серийного изготовления.

Схема испытания конструкции или опытного образца в прессе на изгиб и на сжатие показана на рис.I.

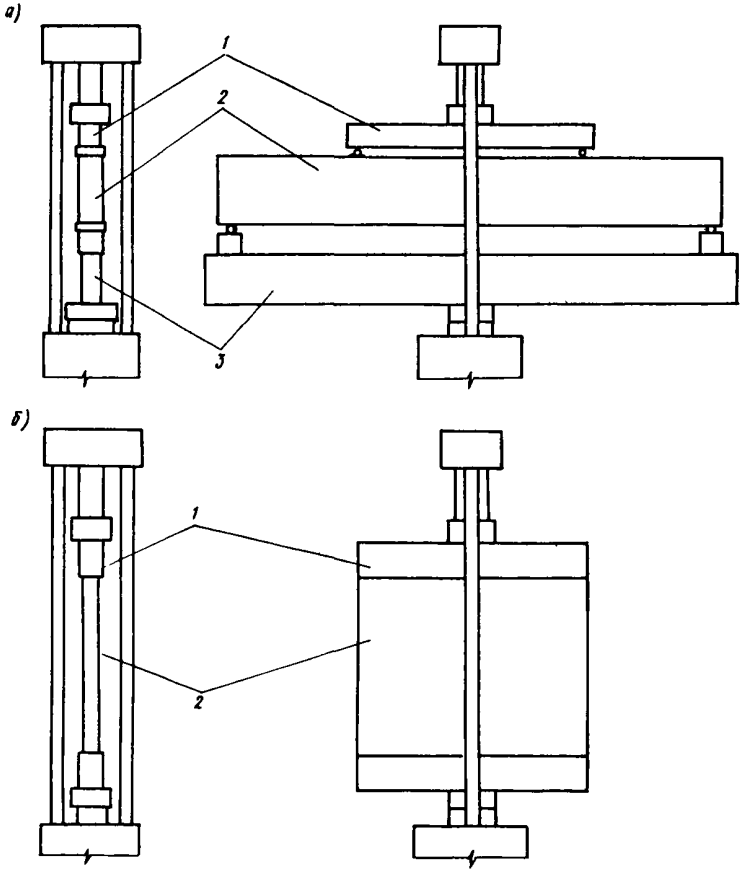

Рис.I. Схема испытания в прессе
а - на изгиб; б - на сжатие
I - верхняя траверса; 2 - испытываемая конструкция;
3 - опорная траверса-пресса

2.4. Наиболее универсальными для проведения испытаний являются установки, монтируемые с использованием силового пола (рис.2).

2.5. Можно использовать установки с нагружением конструкций или образцов гравитационным способом (рис.3).

2.6. В качестве нагружающих устройств можно применять гидравлические машины прессов или испытательных устройств, гидравлические домкраты, рычажные устройства, штучные грузы в виде емкостей с водой, ящиков с сыпучими материалами, металлических чушек и т.п.

2.7. Нагрузки на конструкции следует определять по показаниям манометров, по данным взвешивания грузов, по показаниям динамометров, располагаемых между испытываемой конструкцией (образцом) и силовой установкой или между конструкцией (образцом) и опорой.

2.8. Домкраты с манометрами, массы штучных грузов, емкости и системы нагружения водой или сыпучими материалами и нагружающие устройства с динамометрами следует выбирать так, чтобы обеспечить приложение нагрузки этапами, составляющими не более 5 % предполагаемой разрушающей нагрузки с погрешностью не более 2,5 %.

2.9. При контроле нагрузки манометры следует проградуировать вместе с домкратами, используемыми при испытании. Класс точности манометров должен быть не более I,5.

2.I0. При испытании конструкций, работающих по балочной схеме, следует применять шарнирно-подвижные и шарнирно-неподвижные опоры (рис.4).

Шарнирно-подвижные опоры осуществляют в виде стального катка, уложенного между двумя стальными плитами или в виде ножевой опоры, установленной на два катка. Оси катков следует располагать строго перпендикулярно направлению перемещения опоры. Длину катков и ножевых опор необходимо принимать равной ширине испытываемой конструкции. Диаметр катка принимают не менее 50 мм, чтобы давление на диаметральное сечение катка в пределах ширины опоры не превышало 40МПа. Длину верхней опорной плиты необходимо устанавливать не менее ширины опорной части испытываемой конструкции, а ширину - не более проектной длины опирания конструкции. Толщину плиты следует принимать не менее I/6 ее ширины и не менее 30 мм.

Шарнирно-неподвижные конструкции опор выполняют так же, к а к шарнирно-подвижные, но с конструктивными мероприятиями, предотвращающими смещение опоры (см.рис.4).

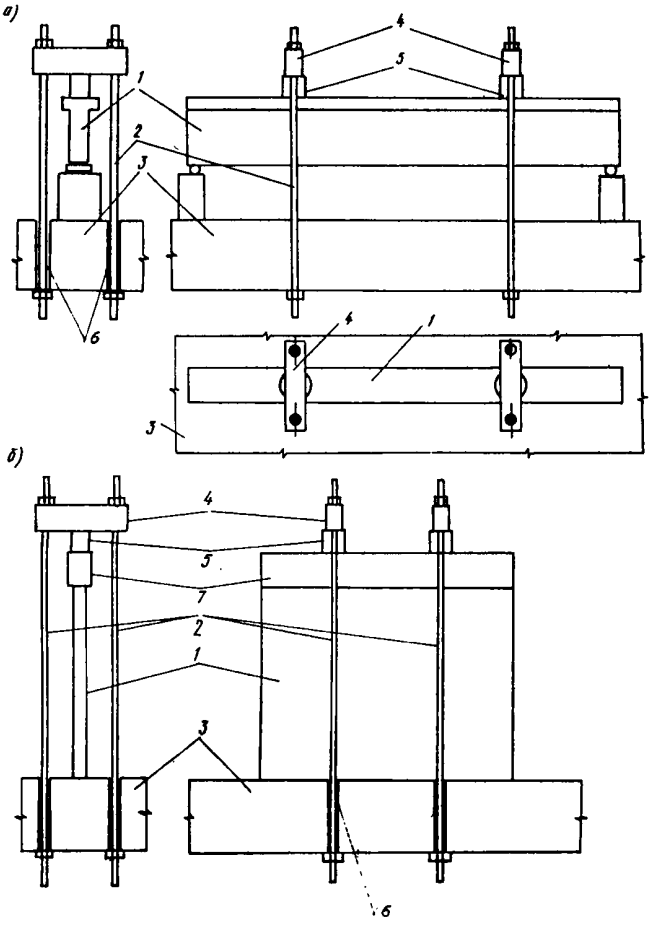

Рис.2. Схема испытания на силовом полу

а - на изгиб; б - на сжатие

I - испытываемая конструкция; 2 - тяги; 3 - силовой пол; 4 - поперечная траверса; 5 - домкрат; 6 - отверстия в силовом полу для пропуска тяг; 7 - продольная траверса

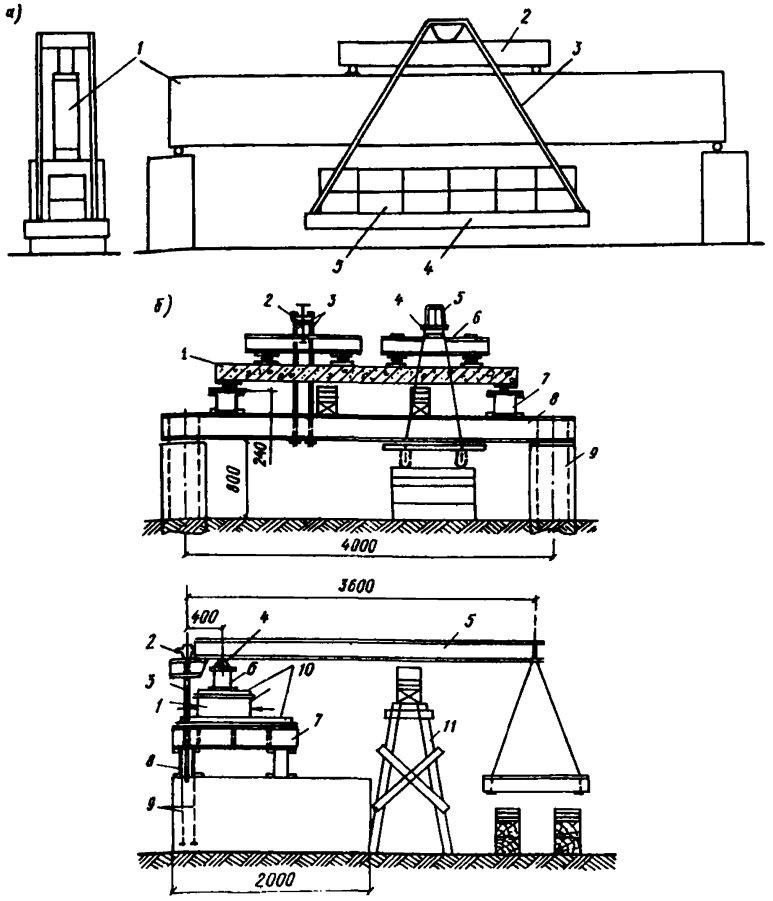

Рис.3. Схема испытания гравитационным способом

а - непосредственным загружением; I - испытываемая конструкция; 2 - траверса; 3 - подвески; 4 - грузовая платформа; 5 - грузы;

б - нагружением через рычаг: I - испытываемая плита; 2 - опорный уголок; 3 - тяги для закрепления рычага; 4 - центрирующий уголок; 5 - рычаг; 6 - распределительная балка; 7 - опорная балка; 8 - продольная балка стенда; 9 - фундаментные анкерные болты; I0 - каток; II - подставка, страхующая от падения рычага

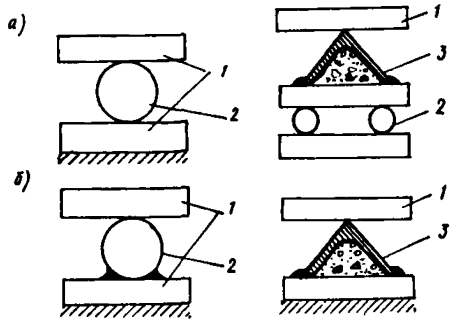

Рис.4. Шарнирные опоры
а - подвижные; б - неподвижные;
I - стальные пластины;
2 - каток диаметром 50...I00 мм;
3 - уголки

При испытании плит и панелей, работающих в двух направлениях и опертых по четырем сторонам, опоры необходимо выполнять в виде шаров, уложенных между двумя стальными листами (рис.5). Длину и ширину верхних листов следует принимать равными проектной площади опирания. Диаметр шаров принимается 30...50 мм, расстояние между ними 3...5h (где h - толщина плиты или контурной балки). Для обеспечения одновременного опирания плиты на все шары их рекомендуется устанавливать на опоры, высоту которых можно регулировать с помощью винтов (рис.6) или укладывать их в ручей швеллера с установкой мягких прокладок (толя, рубероида и т.п.) на верхние опорные листы.

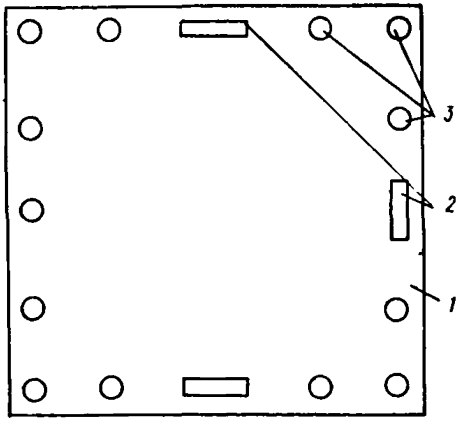

Рис.5. Схема опирания плиты по контуру
I - испытываемая плита;
2 - каток; 3 - шар

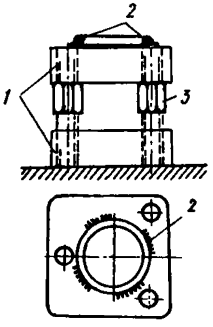

Рис.6. Регулируемая по высоте опора

I - стальные пластины (верхняя - перемещаемая, нижняя - опорная с резьбовыми отверстиями);
2 - ограничительное кольцо;
3 - опорные винты

2.II. Консольные элементы при испытании можно защемлять одним концом в специальном фундаменте, либо опиранием на шарнирную опору с использованием анкерной тяги. Передачу сосредоточенных усилий от опоры и тяги на длине защемления следует выполнять по месту центров тяжести эпюр давлений, принятых в расчете (рис.7).

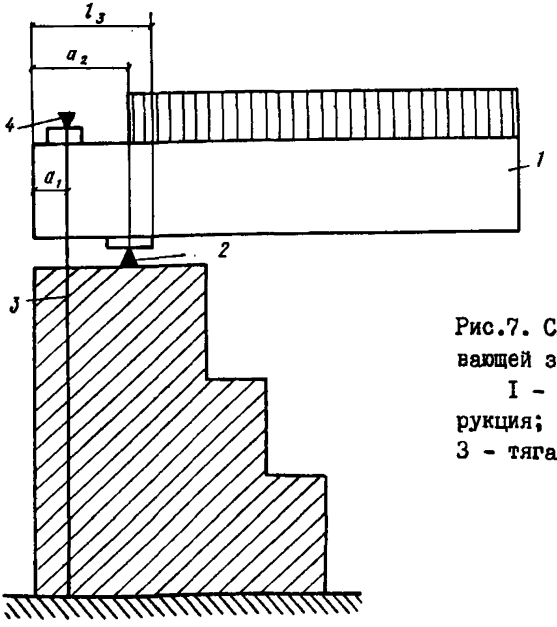

Рис.7. Схема опоры, обеспечивающей заделку

I - испытываемая конструкция; 2 - нижняя опора;
3 - тяга; 4 - верхняя опора

При испытании неразрезных конструкций необходимо исключить неравномерную осадку опор. При испытании внешне статически неопреде-

лимых конструкций в опорные закрепления следует включать динамометры, позволяющие раскрыть статическую неопределимость.

2.12. Штучные грузы, емкости с песком или водой при испытании опытных конструкций или образцов необходимо располагать непосредственно на поверхности конструкции или на специальном настиле, уложенном поверх ее, или на платформах, подвешенных к испытываемой конструкции.

Размеры штучных грузов, емкостей для воды или ящиков для сыпучих материалов, расположенных на поверхности испытываемой конструкции, следует принимать такими, чтобы в каждом направлении они не превышали 1/5 соответствующего пролета, а вертикальные зазоры между отдельными столбиками грузов, емкостей или ящиков не превышали 150 – 200 мм.

2.13. Усилия, прикладываемые к конструкции от домкратов, подвешенных платформ с грузами, следует распределять через стальные балочные траверсы, устанавливаемые на две опоры, одна из которых должна быть шарнирно-подвижной. Опоры распределительных балок необходимо выполнять по п.2.10 (с установкой стальных пластин или листов в месте передачи нагрузки на конструкцию).

2.14. Между опорными плитами, пластинами и листами, через которые передается нагрузка, и конструкцией (образцом), укладывают слой раствора толщиной до 20 мм прочностью на сжатие не менее половины прочности бетона испытываемой конструкции (образца).

2.15. При испытании опытных конструкций необходимо использовать приспособления, обеспечивающие безопасность работ: опоры, страхующие от обрушения конструкции и разного рода заградительные устройства, предохраняющие персонал от ударов обломками конструкций.

2.16. В качестве элементов, гарантирующих работу конструкции в соответствии с расчетной схемой, следует использовать стойки и распорки, предотвращающие потерю устойчивости сжатых элементов испытываемых конструкций, а также другие приспособления, разрабатываемые в зависимости от вида испытываемой опытной конструкции и задач испытаний (см.приложение).

3. ПРИБОРЫ

3.1. Прогибы следует измерять приборами с ценой деления не более 5 % ожидаемого теоретического прогиба при нормативной нагрузке. Рекомендуется использовать прогибомеры с ценой деления 0,1 или 0,01 мм (конструкции Аистова, Максимова, Мокина и др.). При прогибе

не превышающем 20 мм, можно использовать индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм, а при прогибе, большем 20 мм,- прецизионные нивелиры.

3.2. Деформации бетона и арматуры следует измерять тензорезисторами с регистрирующей аппаратурой, рычажными и другими тензометрами, а также установленными на определенной базе индикаторами часового типа с ценой деления 0,01; 0,002 и 0,001 мм.

3.3. Углы поворота необходимо определять клинометрами.

3.4. Взаимное смещение элементов образцов и конструкций (в том числе взаимное смещение арматуры и бетона) следует измерять индикаторами часового типа с ценой деления не менее 0,01 мм.

3.5. Для определения ширины раскрытия трещин следует применять измерительные лупы или микроскопы с ценой деления не менее 0,05 мм.

3.6. Используемые при испытании приборы несерийного изготовления следует проверять ведомственной метрологической службой.

4. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ОБРАЗЦОВ

4.1. Опытные конструкции и образцы следует изготовлять по соответствующим рабочим чертежам в лабораторных или производственных условиях.

4.2. Во время изготовления опытных конструкций необходимо контролировать расположение в сечениях продольной, поперечной арматуры и закладных деталей согласно рабочим чертежам, установить технологичность сборки всего арматурного каркаса и возможность его пробетонирования, выявить ошибки и неувязки конструктивного решения изделия.

При изготовлении в лабораторных условиях следует максимально воспроизводить характерные особенности технологии при серийном изготовлении на производстве (натяжение арматуры, формование, тепловлажностная обработка, отпуск натяжения арматуры).

4.3. Опытные конструкции следует изготовлять при участии авторов проекта.

4.4. Конструкции следует армировать, как правило, в точном соответствии с проектом. Заменять арматуру можно с разрешения проектной организации лишь в том случае, если это не повлияет на результат испытаний.

4.5. До начала изготовления опытных образцов следует проверить механические и деформационные свойства стали (физический или условный предел текучести, предел прочности, удлинение при разрыве,

модуль упругости), которые должны отвечать требованиям соответствующих стандартов или технических условий. При этом от каждого вида арматуры (по классу и диаметру) отбирают не менее трех образцов для контрольных испытаний.

Образцы для контрольных испытаний арматуры, используемой в качестве предварительно напряженной, надо отбирать не только до ее предварительного натяжения, но и после изготовления конструкций. Если число образцов недостаточно для контрольных испытаний, необходимо вырезать образцы арматуры из конструкции на участке, на котором исключено ее упрочнение.

4.6. Качество сварных соединений арматуры и закладных деталей следует проверять по действующим нормативным документам. Если сварные соединения располагаются в сечениях, по которым возможно разрушение, необходимо изготовить и испытать образцы-близнецы с о сварным соединением в конструкции.

4.7. При изготовлении опытной предварительно напряженной конструкции усилие натяжения арматуры не должно отличаться от проектного больше, чем на величину допускаемого отклонения, установленного соответствующими стандартами, техническими условиями или рабочими чертежами.

4.8. Предварительное натяжение арматуры следует определять в соответствии с ГОСТ 22362-77 в процессе ее натяжения (при механическом способе) или сразу после натяжения (при электротермическом и механическом способе) до проявления первых потерь.

При механическом способе натяжения предварительное напряжение необходимо определять по показаниям приборов для измерения деформаций (тензорезисторов, тензометров и т.п.). При этом необходимо повторно определять силы натяжения при отпуске арматуры путем измерения деформаций ее свободных участков.

4.9. Перед бетонированием опытных конструкций следует зафиксировать расположение основной рабочей арматуры в сечении, измерить расстояние между стержнями, толщину защитного слоя, длину перепуска арматуры в стыках.

4.10. Материалы, применяемые для изготовления бетонной смеси опытной конструкции, должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов.

4.11. Состав бетонной смеси следует предварительно проверять на пробных замесах и испытанием изготовленных из них кубов. Состав необходимо подбирать так, чтобы к моменту испытаний опытной конструкции средняя прочность бетона составляла 80...100 % проектной

марки или 100...130 % указанного в проекте класса бетона.

Испытание опытных конструкций при более высокой средней прочности бетона допускается с разрешения автора проекта лишь в том случае, если расчетом или предшествующими испытаниями установлено, что при проектной прочности бетона исключено разрушение по косым сечениям, нарушение сцепления арматуры с бетоном, смятие бетона и т.п.

4.12. Прочность бетона опытных конструкций следует определять по результатам испытания образцов-кубов, а для конструкций, разрушение которых возможно по сжатой зоне одновременно с началом или до начала текучести арматуры (при достижении ее условного предела), кроме того непосредственно в конструкции путем выпиливания или выбуривания из нее образцов после испытания или каким-либо неразрушающим методом (по методике ГОСТ 22690.0-77...ГОСТ 22690.4-77 и л и ГОСТ 17624-78).

4.13. В качестве образцов для определения прочности бетона необходимо использовать кубы, испытываемые по ГОСТ 10180-78.

Для определения прочности бетона конструкций, разрушение которых возможно по сжатой зоне одновременно с достижением текучести (условного ее предела) или до начала текучести растянутой арматуры, помимо кубов рекомендуется использовать призмы, испытываемые по методике ГОСТ 24452-80. При испытании призм целесообразно также определять модуль упругости бетона.

Для предварительно напряженных конструкций с развитой растянутой зоной, для которых существенно влияние на трещиностойкость прочности бетона на растяжение, помимо кубиковой и призменной необходимо определять прочность бетона на растяжение испытанием образцов на растяжение, раскалывание или изгиб в соответствии с ГОСТ 10180-78.

Для центрифугированных конструкций в качестве образцов для определения прочности бетона следует использовать кольцевые элементы, призмы или кубы, выпиленные из конструкции.

Бетон в образцах следует уплотнять тем же методом, что и в опытной конструкции. Образцы необходимо хранить во время твердения возле опытной конструкции в одинаковых с ней условиях.

4.14. При изготовлении опытной конструкции или образца из каждого замеса следует выполнить не менее трех серий контрольных кубов и одной серии призм. Одну серию кубов испытывают перед началом испытаний конструкции, а остальные образцы - после испытания.

Для предварительно напряженных конструкций необходимо дополнительно изготовить еще две серии кубов для испытания при отпуске натяжения арматуры.

4.I5. При бетонировании на схеме конструкции следует отмечать участки, соответствующие укладке бетона каждого замеса.

4.I6. Твердение бетона опытных конструкций должно проходить, как правило, в тех же условиях, что и при серийном их изготовлении. По согласованию с авторами проекта допускается твердение бетона в естественных условиях.

4.I7. Отпуск натяжения арматуры предварительно напряженных конструкций следует проводить при прочности бетона, отличающейся от требуемой передаточной не более чем на +I0 %.

4.I8. Отпуск натяжения арматуры при изготовлении опытной конструкции необходимо осуществлять так же, как и при серийном изготовлении.

4.I9. При отпуске натяжения арматуры следует измерять деформации бетона на участке анкеровки арматуры (тензорезисторами, тензометрами, индикаторами), втягивание арматуры в бетон (индикаторами), деформации свободных участков арматуры (тензорезисторами, тензометрами), выгиб конструкции (прогибомерами, индикаторами), укорочение по оси расположения предварительно напряженной арматуры и другие характеристики, вытекающие из специфики конструкции.

4.20. При возможном смещении отдельных арматурных элементов во время бетонирования их положение следует проверять в готовой конструкции магнитным методом с помощью прибора типа ИЗС (в соответствии с ГОСТ 22904-78).

4.2I. Опытные конструкции после изготовления следует тщательно осмотреть. Все трещины необходимо отметить на поверхности конструкции мягким карандашом пунктирной линией и нанести на с х е м у. Кроме того, следует измерить и зафиксировать все основные геометрические размеры конструкции.

5. МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

5.I. При разработке методики проведения испытаний следует определить: число испытываемых опытных конструкций или образцов; схемы опирания и приложения нагрузки, схему расстановки приборов, этапы испытания и ступени загружения.

5.2. Число испытываемых опытных конструкций по типам и типо-

размерам должна устанавливать проектная или научно-исследовательская организация в зависимости от сложности конструкций, степени ее отличия от ранее исследовавшихся, обоснованности расчетом основных элементов, узлов и сечений, возможности создания требуемого сочетания усилий в проверяемых элементах, узлах и сечениях конструкций при одной схеме загружения. Кроме того, следует учитывать влияние намечаемой технологии изготовления на прочность, жесткость и трещиностойкость конструкций.

Число испытываемых опытных образцов необходимо принимать в зависимости от задачи проводимых исследований.

5.3. Опирание конструкции следует выполнять соответственно схеме, принятой в расчете.

Так, фермы, балки, плиты и т.п., рассчитанные как однопролетные конструкции, следует опирать на две шарнирные опоры, одна из которых допускает свободное перемещение вдоль оси конструкции.

Если конструкция рассчитана как консоль, один конец её должен быть защемлен, а второй свободен. При испытании конструкций, работающих в двух направлениях и свободно опирающихся в соответствии с расчетной схемой по четырем углам, необходимо обеспечить свободный поворот сечений на опорах, а также проявление свободных горизонтальных перемещений трех опорных точек относительно четвертой.

При испытании конструкций, работающих в двух направлениях и опертых свободно по всем четырем сторонам, следует обеспечить возможность поворота на опорах и свободные горизонтальные взаимные смещения опорных точек.

При испытании конструкций, при расчете которых учитывают восприятие опорами момента или распора, необходимо предусматривать устройство опор, воспринимающих эти усилия.

5.4. Во всех случаях, когда имеющиеся в натуре закрепления или взаимодействия отдельных конструктивных элементов могут привести к возникновению в конструкциях дополнительных усилий, снижающих их прочность, жесткость или трещиностойкость, а также в тех случаях, когда изучаются действительные условия работы конструкций в составе зданий и сооружений, условия опирания следует принять такими, чтобы воспроизвести усилия, фактически действующие в опорных закреплениях.

5.5. Схема нагрузки при испытании, как правило, должна отвечать схеме, принятой в расчете. В необходимых случаях схема нагрузки должна воспроизводить не только внешнюю нагрузку, но и

усилия, возникающие от взаимодействия конструктивных элементов в составе зданий и сооружений. Если при проектировании конструкций учитываются сосредоточенные силы, прикладываемые в пределах высоты сечения, схема испытаний должна их воспроизводить.

Разрешается заменять равномерно распределенную нагрузку сосредоточенной. При этом рекомендуется располагать сосредоточенные нагрузки в средних четвертях пролета опытных конструкций.

5.6. Нагрузка и соотношение сил в отдельных точках при испытании должны быть приняты такими, чтобы обеспечить возникновение в основных элементах и сечениях конструкций усилий, принятых при расчете.

Если такие условия недостижимы при одной схеме испытаний, следует назначить несколько схем, каждая из которых обеспечит проверку определенных элементов или сечений конструкций.

Число испытываемых конструкций необходимо принимать, как правило, не меньше, чем число схем приложения нагрузки.

Примечание. Допускается испытание одной конструкции по двум схемам загружения, если разрушение по первой схеме не исключает возможности испытания неразрушенной части по второй схеме.

5.7. При испытании конструкций со сжатыми элементами следует устанавливать связи, обеспечивающие их устойчивость в соответствии со схемой расчета.

5.8. В процессе испытаний опытных конструкций следует измерять перемещения в местах расположения наиболее напряженных сечений (прогибы или выпучивание); перемещения опор (осадки); горизонтальные перемещения опорных концов, расположенных на шарнирно-подвижных опорах; углы поворота элементов в местах защемления; смещения продольной арматуры относительно бетона опорных концов.

Примерные схемы расстановки приборов для указанных измерений приведены в приложении.

5.9. При составлении рабочей программы испытаний следует установить значения нагрузок, вызывающих в исследуемых элементах и сечениях сочетание усилий от нормативной и расчетной нагрузки. Если схема приложения нагрузки соответствует принятой при расчете, эти нагрузки принимают равными нормативным и расчетным.

При разработке методики обязательно следует рассчитывать теоретическую ожидаемую разрушающую нагрузку. Для этого необходимо определить теоретическое разрушающее усилие в расчетных сечениях: момент M в

изгибаемых элементах или конструкциях, поперечную силу Q в изгибаемых и внецентренно нагруженных образцах, нормальную силу N в растянутых или сжатых элементах и значение $N \cdot e$ во внецентренно сжатых или растянутых элементах.

Теоретическое ожидаемое разрушающее усилие допускается рассчитывать с учетом средних значений прочностных характеристик материалов, определяемых для бетона по формуле

$$\bar{R} = \frac{R_{bn}}{1 - 1,64V}, \qquad (I)$$

где R_{bn} - нормативное сопротивление бетона по СНиП 2.03.01-84;

V - коэффициент вариации прочности бетона, принимаемый по табл.I.

Таблица I. Коэффициенты вариации прочности бетона

Вид бетона	V
Тяжелый и на пористых заполнителях	0,I35
Автоклавный на цементном вяжущем	0,I80
Автоклавный на известковом вяжущем	0,200

Средние значения сопротивлений арматурных сталей допускается принимать по табл.2 или рассчитывать по формуле (I) при известных коэффициентах V и сопротивлениях R_s.

Таблица 2. Средние значения сопротивления арматурных сталей разных классов

Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	$\bar{R}_s$ МПа	Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	$\bar{R}_s$ МПа	Класс арматуры	Диаметр арматуры, мм	$\bar{R}_s$ МПа
I	2	3	4	5	6	7	8	9
А-I	6-40	285	Вр-I	3	490	Вр-П	3	I680
А-II	I0-40	350	Вр-I	4	460	Вр-П	4	I600
А-III	6-40	450	То же	5	450	То же	5	I450
А-IIIв	20-40	585	В-П	3	I750	"	6	*/
Ат-IIIС	I0-22	6I0	То же	4	I620	"	7	*/
А-IУ.80С	I0-I8	665	"	5	I540	"	8	*/
А-IУ	I0-22	7I5	"	6	*/	К-7	6	I500
А-У	I0-32	895	"	7	*/	То же	9	I445

Продолжение табл.2

I	2	3	4	5	6	7	8	9
A-VI	I0-22	I050	B-II	8	ж/	K-7	I2	I530
Ат-У	I0-28	960	-		-	То же	I5	I670
Ат-VI	I0-28	I050	-		-	K-I9	I4	ж/

ж/ Ожидаемое разрушающее усилие опытных элементов рассчитывают с учетом нормативных сопротивлений сталей по СНиП 2.03.0I-84, либо сопротивлений, определяемых по формуле (I) при известных нормативных сопротивлениях стали и коэффициентах вариации

5.I0. Исходя из принятой расчетной схемы нагружения опытной конструкции и найденных значений разрушающих усилий в сечении, необходимо определить теоретическую ожидаемую разрушающую нагрузку и наметить этапы нагружения.

5.II. Значения поэтапной нагрузки следует принимать примерно 5 % теоретической разрушающей.

Поэтапную нагрузку необходимо подбирать таким образом, чтобы получить нормативные и расчетные, а также контрольные разрушающие нагрузки, определяемые по ГОСТ 8829-85.

5.I2. Программа испытания должна предусматривать следующие этапы загружения: до нормативной нагрузки, выдержка под нагрузкой не менее I ч, разгрузка, трехкратное повторное загружение до той же нагрузки с разгрузкой, доведение нагрузки до разрушающей.

6. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

6.I. Возраст опытных конструкций и образцов должен быть, как правило, не менее 28 сут при естественном твердении бетона и I4 сут при термовлажностной обработке. Не рекомендуется проводить испытания ранее чем через 7 сут после изготовления (за исключением случаев, определяемых задачами испытаний).

6.2. Испытывать опытные конструкции и образцы следует в закрытых помещениях. При испытании на открытом воздухе приборы нужно защищать от дождя, ветра и непосредственного воздействия солнечных лучей.

6.3. Испытание опытных конструкций и образцов следует проводить при температуре воздуха не ниже 5 ^{o}C.

Конструкции, хранившиеся на морозе, до начала испытания выдерживают в помещении с положительной температурой до приобретения

бетоном температуры среды.

6.4. Желательно, чтобы при выполнении каждого этапа испытаний температура воздуха колебалась не более чем на 10 °С.

6.5. До начала испытания следует тщательно осмотреть конструкцию. Все дефекты (трещины, околы и т.п.) следует зафиксировать, отметить на конструкции и занести на схему.

6.6. После осмотра поверхность конструкции рекомендуется побелить жидким раствором мела или извести. Побелка светло-серого цвета позволит легче обнаружить и зафиксировать трещины. Побелка густым раствором не разрешается.

6.7. После установки приборы следует пронумеровать и составить чертеж с указанием места их расположения и порядковых номеров.

6.8. До начала испытания по намеченной программе рекомендуется провести опробование установленных приборов и конструкции приложением небольшой нагрузки (2...3 ступени, но не более 30 % нормативной). Во время опробования проверяют работу приборов. После разгрузки до первого этапа испытания конструкцию следует выдержать не менее 30 мин.

6.9. Загружать конструкцию следует с выдержкой на каждой ступени, обеспечивающей прекращение роста деформаций по показаниям приборов, но не менее 15 мин.

6.10. На каждой ступени загружения во время выдержки необходимо регистрировать показания приборов. Начиная с расчетной нагрузки, на каждой ступени желательно фиксировать показания приборов дважды - до и после выдержки образца под нагрузкой.

6.11. На каждой ступени испытания следует отмечать все трещины и измерять ширину раскрытия наиболее характерных из них. Рекомендуется измерять ширину раскрытия не менее чем пяти трещин каждого вида (нормальных в зоне действия наибольших моментов и наклонных в зоне действия наибольших поперечных сил).

Трещины необходимо прорисовывать на поверхности бетона мягким карандашом сплошной линией, расположенной вдоль трещины (на расстоянии до 5 мм).

6.12. В процессе испытания рекомендуется обработка показаний приборов и построение графиков "нагрузка - деформации" по приборам, расположенным в расчетных сечениях, а также показаний приборов, по которым можно дать общую оценку работы конструкции (например, приборов, измеряющих прогибы).

г 6.I3. При поэтапном нагружении опытную конструкцию рекомендуется доводить до разрушения, которое характеризуется полной потерей несущей способности или интенсивным приращением деформаций без увеличения нагрузки.

6.I4. Место разрушения необходимо внимательно осмотреть, а также зарисовать или сфотографировать.

6.I5. При проведении испытаний рекомендуется вести "Журнал испытаний", в который следует заносить данные о поведении конструкций, о характере трещинообразования, разрушения и т.п.

7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ

7.I. Испытания можно проводить только с использованием оборудования, предварительно испытанного на нагрузку, превышающую ожидаемую разрушающую не менее чем в I,5 раза.

7.2. При испытании следует принять меры, предохраняющие от обрушения конструкцию, оборудование и уложенные на ней грузы. Для этого следует установить предохранительные опоры в виде лесов, столбов, подкладок, на которые могла бы опереться при разрушении испытываемая конструкция. Эти устройства должны быть устойчивыми и прочными, чтобы воспринять массу конструкции и расположенных на ней грузов. Их следует устанавливать посередине пролета и вблизи опор.

При нагрузке, прикладываемой к подвешенным к конструкции платформам, кроме предохранительных устройств под конструкцией следует предусмотреть страховочные подкладки под платформами. Домкраты, которыми нагружают конструкции, следует закрепить к траверсам.

Предохранительные устройства не должны препятствовать свободным перемещениям испытываемой конструкции. В качестве предохранительных устройств следует применять подкладки и клинья, обеспечивающие зазор между низом конструкции и предохранительным устройством в процессе загружения не более I/400 пролета опытной конструкции или образца.

7.3. В зоне испытания может находиться только персонал, принимающий непосредственное участие в проведении испытаний. Все участники испытания должны иметь защитные каски.

7.4. Приборы, по которым невозможно дистанционное снятие отсчетов, рекомендуется снимать с конструкции при нагрузке, составляющей примерно 85 % теоретической разрушающей.

7.5. При нагрузках, близких к разрушающим, обслуживающий персо-

нал должен находиться вне возможной зоны падения обломков на расстоянии не менее 3 м от конструкции.

8. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

8.1. Оценку опытных конструкций следует проводить по несущей способности, жесткости и трещиностойкости .

8.2. Несущая способность конструкции должна оцениваться на основании анализа характера разрушения, сопоставления опытных и теоретических разрушающих нагрузок или усилий.

8.3. Характер разрушения следует считать нормальным, если о н о произошло по элементу или сечению, предусмотренному расчетом, и в результате воздействия того фактора (текучесть арматуры, разрушение сжатой зоны и т.п.), который должен привести к разрушению согласно расчету.

При отсутствии прямых измерений деформаций растянутой арматуры для уточнения характера разрушения рекомендуется испытывать образцы арматуры, вырезанные из зоны разрушенного сечения. Путем сопоставления графиков "напряжения - деформации" этих образцов и образцов, отобранных при изготовлении, можно ориентировочно оценить уровень напряжений в арматуре при разрушении.

8.4. Теоретические разрушающие нагрузки следует определять по п.5.9 с введением в расчет фактических прочностных характеристик бетона и арматуры.

8.5. Допустимое различие между опытной и теоретической разрушающей нагрузкой для опытных конструкций необходимо принимать в зависимости от типа конструкций, характера разрушения, задач испытаний.

Рекомендуются следующие ориентировочные значения допустимого расхождения между опытными и теоретическими разрушающими нагрузками:

для статически определимых конструкций ..... -5...+10 %;

" " неопределимых конструкций ..... -5...+15 %.

8.6. Прочность конструкции рекомендуется дополнительно оценивать по ГОСТ 8829-85. Если отношение разрушающей нагрузки к расчетной отличается от нормируемого значения коэффициента С, следует выяснить причины этого несоответствия.

При выполнении требований п.8.5 причинами несоответствия могут быть:

значительные отклонения фактической прочности бетона и арматуры от средних значений;

излишние запасы, заложенные при проектировании (при превышении нормируемого значения коэффициента С);

использование при проектировании предпосылок, вызывающих снижение разрушающих нагрузок (при коэффициенте С меньше нормируемого);

случайные ошибки при проектировании.

8.7. Пригодность опытной конструкции к нормальной эксплуатации следует оценивать сопоставлением опытных и теоретических прогибов, нагрузок (усилий), вызывающих появление трещин, ширины раскрытия трещин, а также сопоставлением опытных значений прогибов и ширины раскрытия трещин с контрольными.

8.8. Теоретические значения прогибов, нагрузок (усилий), вызывающих появление трещин, ширины раскрытия трещин необходимо определять по тем же формулам, по которым выполняли расчет при проектировании конструкций с введением в формулы фактических геометрических размеров сечений, натяжения арматуры, механических характеристики материалов и с учетом возраста испытываемой конструкции.

8.9. Допустимое расхождение между опытными и теоретическими значениями прогибов, нагрузок, вызывающих появление трещин, и ширины их раскрытия следует принимать в зависимости от типа конструкции и задач испытаний.

При отсутствии данных для установления этих требований допустимые значения можно принять такими же, как при оценке жесткости и трещиностойкости по ГОСТ 8829-85.

8.10. Опытный прогиб и опытная ширина раскрытия трещин при контрольных нагрузках, определенных на день испытания по методике ГОСТ 8829-85, не должны быть больше контрольных значений, указанных в ГОСТ 8829-85.

8.11. При невыполнении требований пп. 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.8, 8.9 и 8.10 необходимо проанализировать с использованием обработки показаний приборов возможные причины полученного расхождения. К числу их могут относиться ошибки при проектировании и изготовлении опытной конструкции, несоответствие схемы испытания принятой при расчете, несоответствие заложенных при проектировании предпосылок действительной работе конструкции и др.

На основании проведенного анализа необходимо внести коррективы в проект опытной конструкции, изготовить и испытать ее заново.

8.12. Отчет по результатам испытаний опытных конструкций должен содержать:

описание основных особенностей опытной конструкции;

данные об изготовлении и использованных материалах;

прочностные и деформативные характеристики бетона и арматуры;

фактические размеры (расстояние между арматурными элементами, толщина защитного слоя, размеры поперечных сечений);

схемы дефектов, выявленных до начала испытания;

схемы расстановки приборов;

данные об оборудовании;

этапы испытания и ступени загружения;

графики, характеризующие работу приборов;

значения прогибов и ширины раскрытия трещин при расчетных и контрольных нагрузках;

нагрузки, вызывающие появление трещин (особенно в предварительно напряженных конструкциях и элементах этих конструкций);

разрушающие нагрузки и описание характера разрушения с фотографиями;

схемы трещин;

анализ результатов испытаний в соответствии с требованиями пп. 7.10; 8.3...8.6; 8.8; 8.9; 8.11;

оценку конструкции с точки зрения изготовления, прочности, жесткости и трещиностойкости, рекомендации по внесению исправлений в проект или вывод о ее приемлемости.

Приложение

ПРИМЕРЫ СХЕМ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

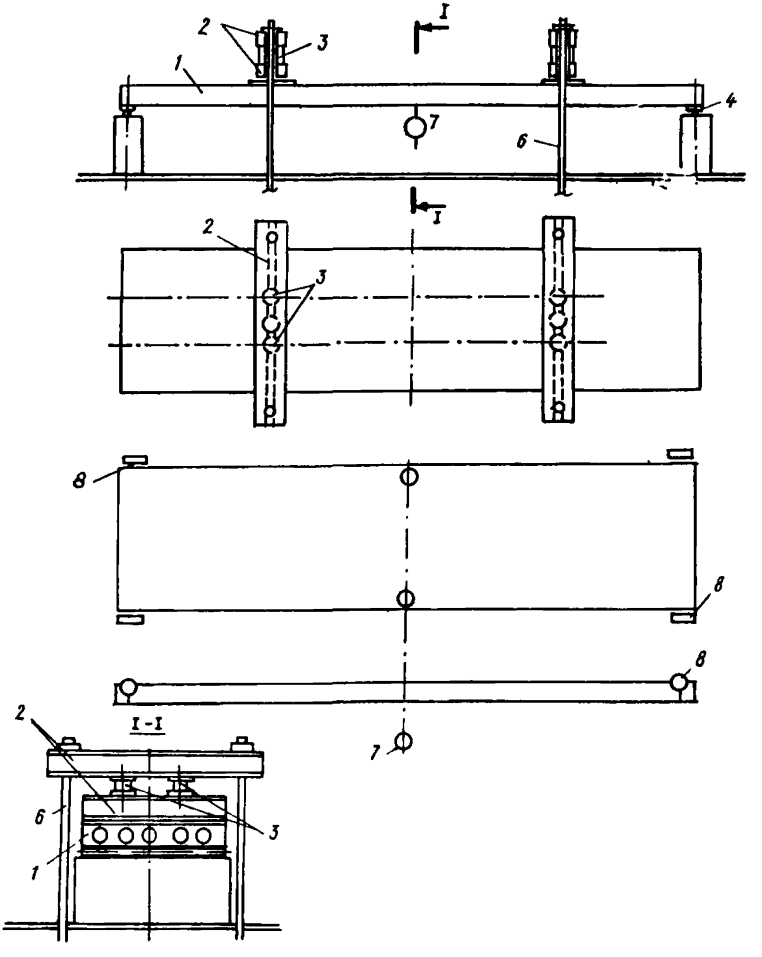

Рис.8. Схема испытания пустотной панели перекрытия

I - панель; 2 - поперечные траверсы; 3 - домкраты; 4 - опорные катки; 5 - силовой пол; 6 - тяги; 7 - прогибомеры для определения прогибов панели; 8 - индикаторы для измерения осадки опор

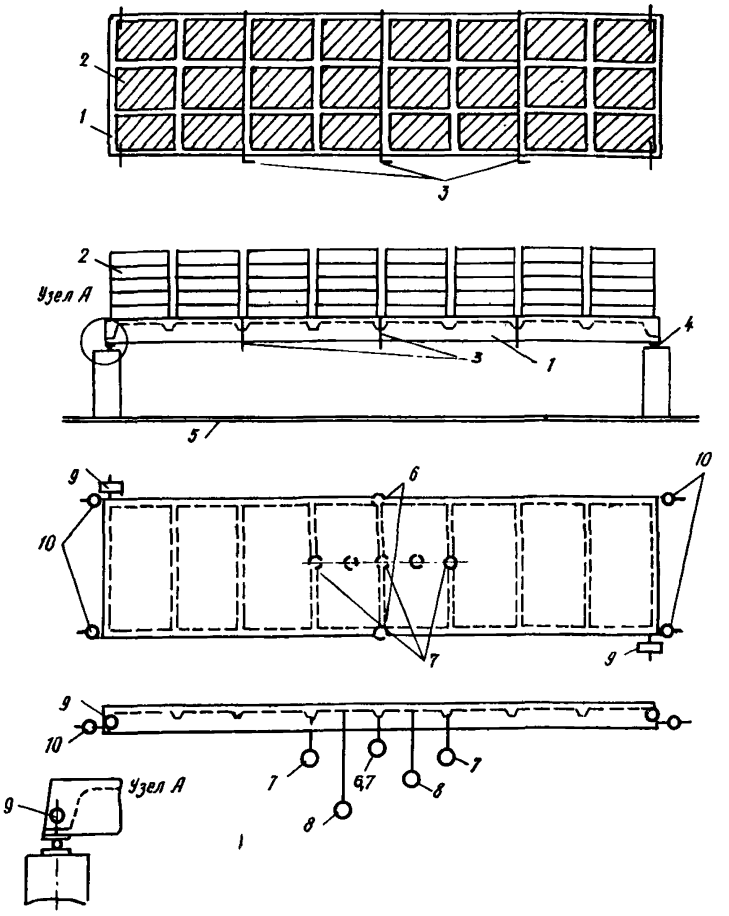

Рис.9. Схема испытания ребристой плиты покрытия

I - плита; 2 - штучные грузы; 3 - струбцины для крепления прогибомеров; 4 - опорные катки; 5 - силовой пол; 6,7,8 - прогибомеры для измерения прогибов соответственно продольных и поперечных ребер и полки плиты; 9 - индикаторы для измерения осадки опор; I0 - то же, для измерения смещения концов арматуры

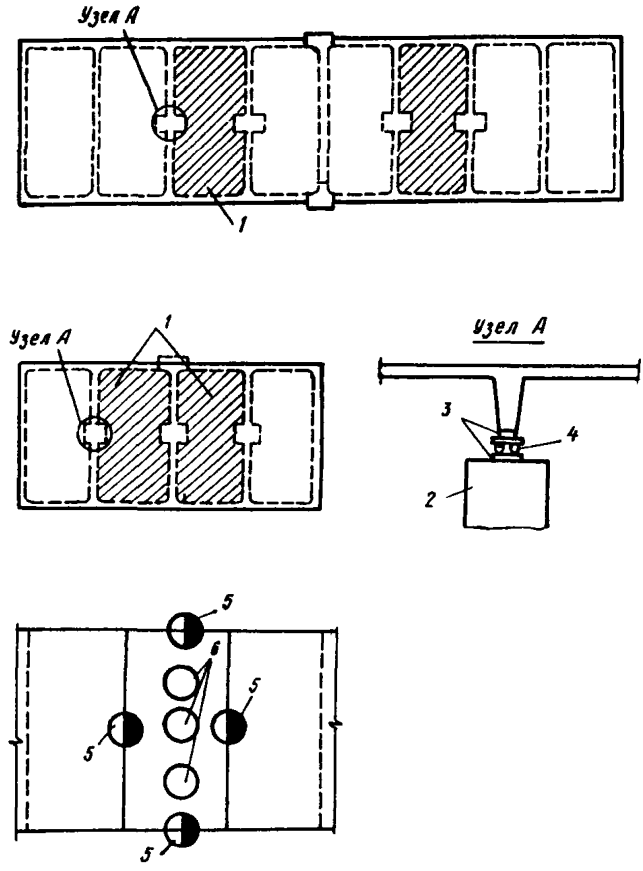

Рис.10. Схема испытания полей полки ребристых плит

1 - нагружаемые ячейки полки; 2 - опора; 3 - металлическая пластина; 4 - опорные катки; 5 - индикаторы; 6 - прогибомеры

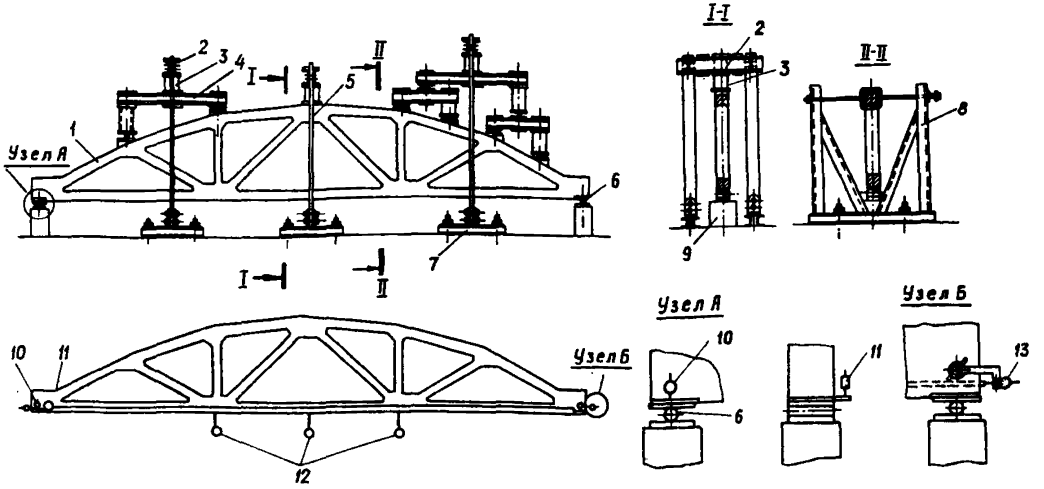

Рис.II. Схема испытания стропильной фермы

I - ферма; 2 - поперечные траверсы; 3 - домкраты; 4 - продольные траверсы; 5 - тяги; 6 - опорные катки; 7 - башмаки; 8 - стойки; 9 - опорная тумба; I0 - индикаторы для измерения осадки опор; II - прогибомер для измерения удлинения нижнего пояса; I2 - прогибомеры для определения прогибов; I3 - индикатор для определения втягивания концов арматуры

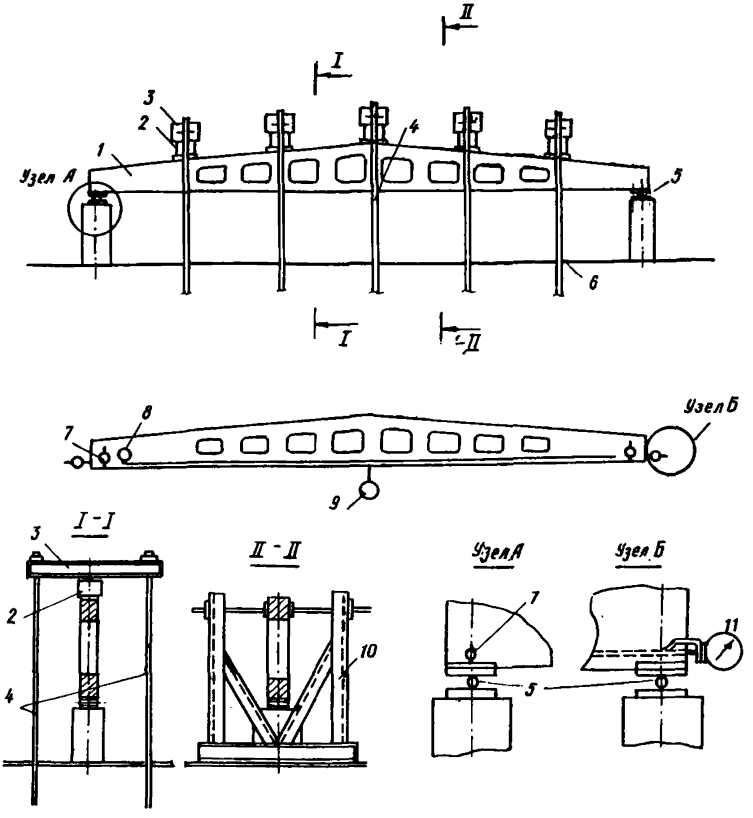

Рис.I2. Схема испытания решетчатой балки длиной I8 м

I - балка; 2 - домкраты; 3 - поперечные траверсы; 4 - тяги; 5 - опорные катки; 6 - силовой пол; 7 - индикаторы для измерения осадки опор; 8 - прогибомер для измерения удлинения нижнего пояса; 9 - прогибомер для определения прогиба; I0 - страховочные стойки; II - индикатор для измерения смещения концов арматуры

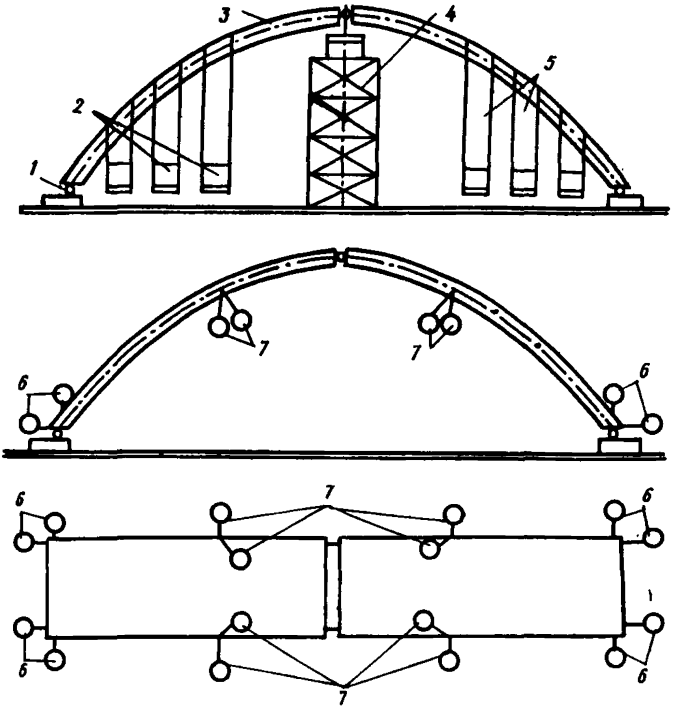

Рис.I3. Схема испытания свода из панелей-оболочек длиной 24 м

I - катковые опоры; 2 - грузовые площадки; 3 - свод; 4 - страховочная опора; 5 - подвески; 6 - прогибомеры для измерения перемещения опор; 7 - прогибомеры для измерения деформаций свода

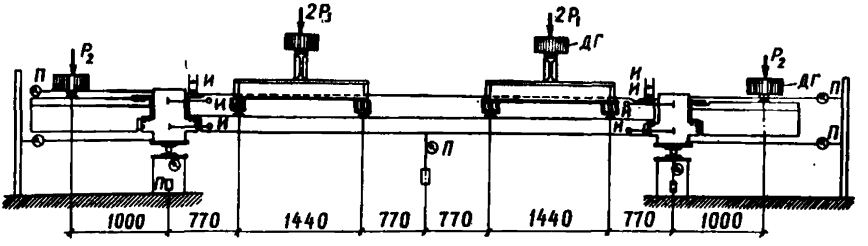

Рис. , Схема испытания ригелей

П - прогибомеры; И - индикаторы; ДГ - гидравлические домкраты

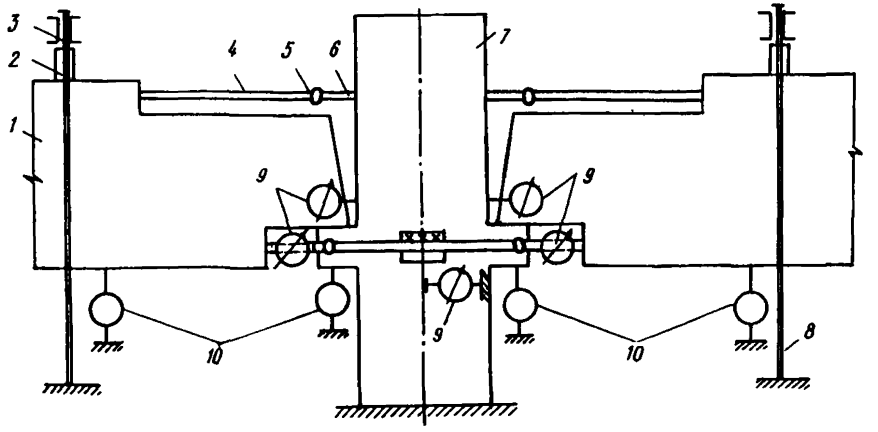

Рис.I5. Узел сопряжения ригеля с колонной

I - ригель; 2 - домкрат; 3 - траверса; 4 - арматурные выпуски из ригеля; 5 - ванная сварка; 6 - арматурные выпуски из колонны; 7 - колонна; 8 - тяги; 9 - индикаторы; I0 - прогибомеры

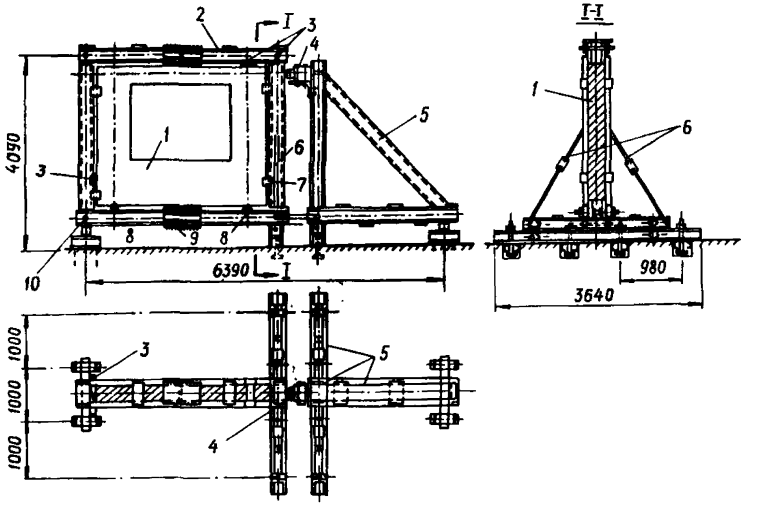

Рис.I6. Схема испытания панелей на сдвиг

I - испытываемая панель; 2 - силовая рама; 3 - клинья; 4 - гидравлический горизонтальный домкрат; 5 - упор; 6 - растяжки; 7 - ограничители; 8 - катки; 9 - накладки; I0 - цилиндрический шарнир

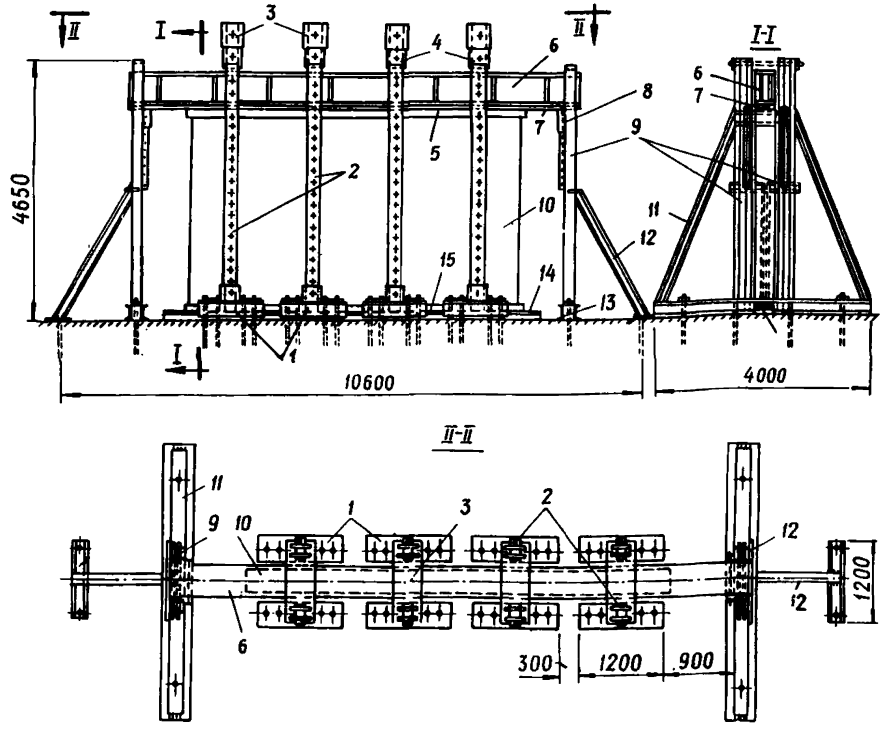

Рис.I7. Установка для испытания панелей на сжатие

I - нижние траверсы; 2 - тяги; 3 - поперечные траверсы; 4 - домкраты; 5 - верхняя распределительная плита; 6 - распределительная балка; 7 - верхний продольный шарнир; 8 - столики для распредели - тельной балки; 9 - стойки; I0 - испытываемая панель; II и I2 - боковые и торцовые подкосы; I3 - стойки; I4 - нижняя распредели - тельная плита; I5 - нижний продольный шарнир

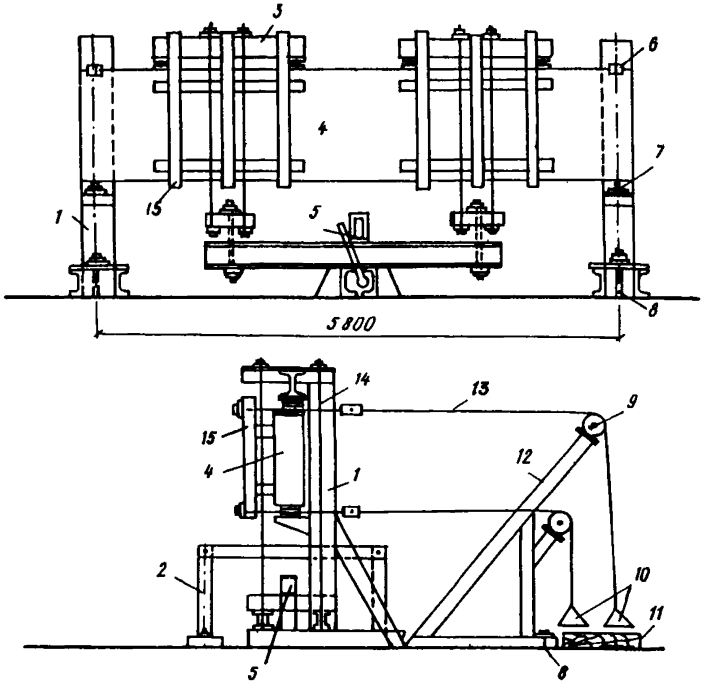

Рис.I8. Схема стенда для испытания наружных стеновых панелей при действии горизонтальных и вертикальных нагрузок

I - опорные колонны; 2 - страховочная рама; 3, I5 - вертикальные и горизонтальные распределительные траверсы; 4 - панель; 5 - домкрат в передвижной упорной тележке; 6 - струбцины; 7 - опоры; 8 - анкерные болты; 9 - блоки; I0 - поддоны для грузов; II - деревянные подкладки; I2 - подкосы блоков; I3 - горизонтальные тяги; I4 - вертикальные тяги

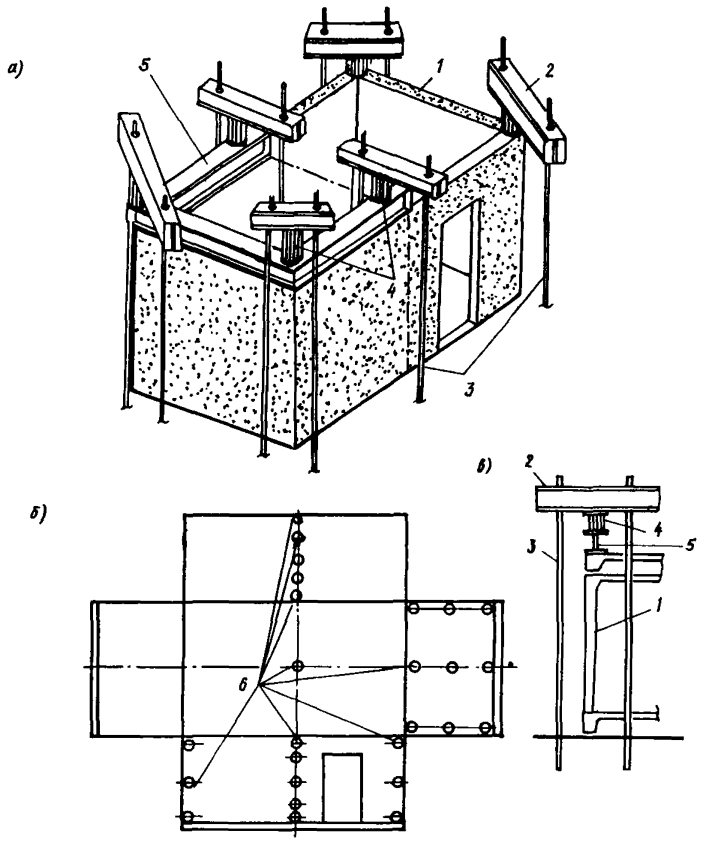

Рис.I9. Схема испытания объемного блока жилого здания
а - нагружение объемного блока; б - расстановка приборов; в - нагружение стены блока
I - объемный блок; 2 - траверсы; 3 - тяги; 4 - домкраты: 5 - распределительный элемент; 6 - прогибомеры

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Общие положения	4
2. Установки для проведения испытаний	5
3. Приборы	II
4. Изготовление опытных конструкций и образцов	I3
5. Методика испытаний	I6
6. Проведение испытаний	20
7. Техника безопасности при проведении испытаний	22
8. Оценка результатов испытаний	23
Приложение. Примеры схем испытаний опытных конструкций	26

Рекомендации по испытанию и оценке прочности, жесткости и трещиностойкости опытных образцов железобетонных конструкций

Научный редактор В.В.Фигаровский

Отдел научно-технической информации НИИЖБ
I09389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Л.А.Забава

Л - 85784 Подписано в печать I2.08.87 Заказ № 1149
Формат 60x84/I6. Ротапринт. Усл.кр.-отт.2,2. Уч.-изд.л.2,2.
Тираж1000 экз. Цена 33 коп.

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР
I2I47I, Москва, Можайское шоссе, д,25

gost.e-ecolog.ru