

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КОЧНЕВ Н.И. ЧУМАК. М.В.

**Обследование, испытание и усиление строительных
конструкций зданий и сооружений**

Учебное пособие

Краснодар 2013 г.

УДК 620.1 624.01(75)

Рецензент - П.А. Ляшенко - кандидат технических наук, профессор
«Кубанский Государственный аграрный университет».

Кочнев Н.И., Чумак М.В. Учебное пособие «Обследование, испытание и усиление строительных конструкций зданий и сооружений - Краснодар, 2013. - 68 с.

В пособии, в соответствии с существующими ГОСТ и нормами, приведены основные термины, методы, средства обследования конструкций зданий и способы натуральных испытаний строительных конструкций на строительных площадках. Представлены основные приборы и оборудование для проведения неразрушающего контроля качества строительных материалов и конструкций. Рассмотрена методика определения прочности материалов строительных конструкций неразрушающими методами, методика проведения дефектоскопии на «образцах моделях» в лабораторных условиях.

Предназначено для студентов-бакалавров, студентов-магистрантов, обучающихся по направлению «Строительство», студентов специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений», а также аспирантов профиля «Основания и фундаменты, подземные сооружения».

Кочнев Н.И., Чумак М.В.

ФГБОУ ВПО Кубанский государственный
аграрный университет. Краснодар, 2013 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
1. ОСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	7
1.1. Методика обследования конструкций	7
1.2 Предварительное обследование зданий, сооружений	9
1.3. Детальное (инструментальное) обследование	10
1.4 Обследование бетонных и железобетонных конструкций	12
1.5. Обследование оснований и фундаментов зданий	14
1.6. Обследование металлических конструкций	16
1.7. Обследование деревянных конструкций	18
2. ИСПЫТАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ	20
3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ УСИЛЕНИЮ	24
4 ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	35
5. ПРИМЕРЫ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	38
РАБОТА №1 Построение тарифовочного графика определения прочно- сти для молотка Кашкарова по ГОСТ 22690.2-77.	38
РАБОТА №2 Построение тарифовочного графика определения прочно- сти неразрушающими методами прибором УК-14П по ГОСТ 17624-87 .	41
РАБОТА №3,1 Определение глубины трещины в бетоне (ж/бетоне).	44
РАБОТА №3,2 Определение переходного коэффициента K_{π}	45
РАБОТА №3.3_ Определение динамического модуля упругости тяжелого бетона, легкого бетона, пенобетона, силикатного кирпича	46
Работа №4 Выявление скрытых дефектов в бетонных и железобетонных конструкциях ультразвуковым методом.	48
Работа № 5 Ознакомление с магнитным методом определения защитно- го слоя	51
Работа №6 Определение прочности бетона в конструкциях неразру- шающими методами.	54
Работа №7 Ознакомление с методикой определения прочности бетона в конструкциях прибором УК-14П.	56
РАБОТА №8 Определение прочности сцепления кирпичной кладки в ла- бораторных условиях.	58
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для бетонных конструкций	61
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для каменных и армокаменных конструкций	62
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для стальных конструкций	63
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для деревянных конструкций	64

ВВЕДЕНИЕ

Обследование несущих конструкций зданий и сооружений имеет главную цель — определить действительное техническое состояние конструкций, их способность воспринимать действующие в данный период расчетные нагрузки и обеспечивать нормальную эксплуатацию здания. При обследовании выявляют дефекты конструкций, отступления от проекта и от действующих на данный период норм и технических условий, а также уточняют действительную работу конструкций на реальные эксплуатационные нагрузки.

В результате обследования выявляют также степень физического износа отдельных конструкций, узлов и здания в целом, возможные причины нарушения нормальной эксплуатации или аварии. В задачи обследования могут входить поиски наилучших вариантов усиления конструкций и приспособляемости здания под новые нагрузки и условия эксплуатации при предполагаемой реконструкции здания.

Если обследование проводится после аварии, анализируют ее причины, целесообразность и возможность восстановления здания или отдельных его частей.

При рыночной оценке стоимости здания также проводится обследование конструкций и здания в целом, на основании которого можно судить об износе конструкций и снижении первоначальной стоимости здания, о будущих затратах на устранение дефектов и расходах на ремонт.

Обследование может быть полным или выборочным — наиболее ответственных конструкций, находящихся в неблагоприятных условиях или уже получивших повреждения и вызывающих сомнения в надежности конструкций и безопасности людей.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

оценка технического состояния: Установление степени повреждения и категории технического состояния строительных конструкций или зданий и сооружений в целом, включая состояние грунтов основания, на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

поверочный расчет: Расчет существующей конструкции и (или) грунтов основания по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации: геометрических параметров конструкций, фактической прочности строительных материалов и грунтов основания, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

нормативное техническое состояние:

Категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния

строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

работоспособное техническое состояние:

Категория технического состояния, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.

ограниченно-работоспособное техническое состояние:

Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая: состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкций и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).

аварийное состояние:

Категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

Оценку категорий технического состояния несущих конструкций производят на основании результатов обследования и проверочных расчетов. По этой оценке конструкции подразделяются на: находящиеся в исправном состоянии, работоспособном состоянии, ограниченно работоспособном состоянии, недопустимом состоянии и аварийном состоянии.

При исправном и работоспособном состоянии эксплуатация конструкций при фактических нагрузках и воздействиях возможна без ограничений. При этом, для конструкций, находящихся в работоспособном состоянии, может устанавливаться требование периодических обследований в процессе эксплуатации.

При ограниченно работоспособном состоянии конструкций необходимы контроль за их состоянием, выполнение защитных мероприятий, осуществление контроля за параметрами процесса эксплуатации (например, ограничение нагрузок, защиты конструкций от коррозии, восстановление или усиление конструкций). Если ограниченно работоспособные конструкции остаются неусиленными, то требуются повторные обследования, сроки которых устанавливаются на основании проведенного обследования.

При недопустимом состоянии конструкций необходимо проведение мероприятий по их восстановлению и усилению.

При аварийном состоянии конструкций их эксплуатация должна быть запрещена.

. Методика обследования конструкций

Обследование строительных конструкций осуществляется на основе задания и включает в себя следующие этапы:

1. Предварительный визуальный осмотр с целью ознакомления с объектом исследования, выявления возможных аварийных участков, а также определения действительного возраста, наличия технической документации, предполагаемых изменений в эксплуатации объекта.

2. Составление программы обследования с обязательными мероприятиями по технике безопасности при проведении работ.

3. Изучение всей имеющейся по объекту технической документации: рабочих и исполнительных чертежей, актов на скрытые работы, журналов производства работ, заключений предшествующих обследований, паспортов на оборудование и т. д.

4. Изучение условий эксплуатации, технологии производства, температурно-влажностного режима, агрессивности среды. Взятие проб воздуха, пыли, воды и т. д. для химического анализа.

5. Геологические и гидрогеологические исследования, позволяющие оценить состояние грунтов основания, наличие и агрессивность грунтовых вод. Проводят бурение скважин или отрывают шурфы вблизи стен подвала или фундаментов и проводят лабораторные исследования фунтов.

6. Геодезические работы по определению положения здания и его частей (отметки, крены и т. д.), в том числе и определение размеров труднодоступных частей здания или сооружения, например: башен, мостов, эстакад и т. д.

7. Обмер конструкций, узлов и элементов с целью проверки соответствия фактических размеров проектным. При отсутствии проектной документации — составление обмерочных чертежей конструкций, узлов, планов, разрезов, фасадов здания или сооружения, фотографирование их.

8. Детальный осмотр элементов объекта с выявлением износа, дефектов, повреждений конструкций, составлением дефектных ведомостей. Анализ причин. При этом возможны работы по вскрытию полов, чердачных перекрытий, заделанных в стены опорных узлов балок и т. д.

9. Оценка прочностных свойств материалов, примененных в конструкциях: включающая отбор образцов (проб) материала, химический анализ, испытания образцов, статистическую обработку данных и выводы о классе бетона, арматуры, марок кирпича и раствора и т. д.

10. Уточнение нагрузок, действующих на конструкции: массы конструкций и оборудования, временных нагрузок, влияние температур, осадков и т. д.

11. Выявление действительной расчетной схемы здания в целом и его отдельных конструкций. Определяют характер закрепления концов стержней, неразрезность, тип опор, возможность совместной пространственной работы ряда конструкций, пространственной работы здания в целом.

12. Проверочные расчеты конструкций, узлов, стыков, соединений с учетом реальных расчетных схем, нагрузок, ослаблений сечений, кривизны элементов и других дефектов конструкций и уточненных расчетных сопротивлений материала конструкций.

13. Испытание конструкций пробной нагрузкой. Проводят редко, только когда неясна работа конструкции из-за недостаточности (неполноты) результатов обследования.

14. Составление заключения о техническом состоянии конструкций или технического паспорта на объект исследования.

15. Разработка рекомендаций по дальнейшей нормальной эксплуатации конструкций и, при необходимости, разработка вариантов усиления конструкций или узлов и здания в целом.

Представленная методика обследования зданий и сооружений может быть сокращена или расширена при обследовании конкретных объектов, с учетом поставленных задач и намеченных сроков.

1. ОБСЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

1.1. Обследование технического состояния зданий, сооружений

Обследование технического состояния зданий и сооружений производится с целью определения возможности восприятия ими дополнительных деформаций или других воздействий от влияния осуществляемых вблизи них нового строительства или реконструкции, а также для разработки в случае необходимости мероприятий по усилению их конструкций или укреплению грунтов оснований.

Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений проводится, как правило, в два этапа:

1й этап — предварительное обследование;

2й этап — детальное обследование.

Предварительное обследование проводится с целью получения первичной экспертной оценки технического состояния строительных конструкций здания или сооружения, а также для установления необходимости проведения детального обследования.

При *детальном обследовании* уточняются результаты предварительного обследования, в том числе определяются: прочностные и деформативные характеристики конструкционных материалов, исследуются эксплуатационные характеристики зданий и сооружений (температурно-влажностный режим, герметичность, звукопроницаемость, теплоизоляция, освещенность и т.п.), а

также проводятся необходимые поверочные расчеты несущей способности и устойчивости строительных конструкций обследуемых зданий и сооружений.

Работы по проведению обследования целесообразно выполнять поэтапно:

- ознакомление с состоянием конструкций зданий и составление программы обследований;
- предварительное обследование конструкций здания;
- детальное техническое обследование для установления физико-технических характеристик конструкций;
- определение прочности, а в необходимых случаях - жесткости и трещиностойкости конструкций;
- оценка технического состояния конструкций по результатам обследования;
- разработка в случае необходимости мероприятий по обеспечению эксплуатационных требований к обследуемым зданиям.

Состав и объемы работ по обследованию в каждом конкретном случае определяются программой работ на основе технического задания заказчика с учетом требований действующих нормативных документов и настоящих Рекомендаций.

В состав работ по обследованию на стадии разработки проектной документации включаются:

- натурные обследования технического (физического) состояния несущих конструкций надземной и подземной частей здания (наружных и внутренних стен, колонн, перекрытий, фундаментов, коммуникаций и т.д.) с определением прочностных характеристик конструктивных материалов, а также наличия и степени проявления деформаций и повреждений (трещин, сдвигов, выпучивания, разрушений кирпичной кладки, сырости и т.п.);
- геодезические измерения величин крена зданий, а также отклонений несущих и ограждающих конструкций зданий от вертикали - в дополнение к предусмотренным в разделе 10 настоящих Рекомендаций;
- аналитическое определение координат углов зданий и других стабильных элементов ситуации;
- натурное определение расстояний между существующими объектами;
- обмеры натуральных габаритов обследуемых объектов;
- определение абсолютных или относительных высотных отметок элементов здания (подошвы фундаментов, цоколя, этажей, крыши и т.д.);
- обследование прочих элементов здания и обмерные работы;
- выявление и обследование помещений и интерьеров, имеющих архитектурно-художественную ценность.

Программа обследования составляется на основании технического задания заказчика и результатов ознакомления с проектно-технической документацией строящегося здания, включающей рабочие чертежи и пояснительную записку к ним, а также заключение об инженерно-геологических изысканиях.

Ознакомление с проектно-технической документацией обследуемого здания производится с целью учета конструктивных особенностей и особенностей

работы конструкций, а также выявления причин и характера дефектов. Необходимо установить фактически действующие нагрузки на фундаменты с учетом собственного веса конструкций, технологического оборудования и временных нагрузок, а также их сочетаний в соответствии со СНиП 2.02.07-85.

В необходимых случаях следует также установить: проектную марку и класс бетона, диаметр, класс и количество рабочей и конструктивной арматуры, конструкцию арматурных изделий, марку кирпича и раствора, геометрические размеры конструкций и другие данные.

1.2 Предварительное обследование зданий, сооружений

Основной задачей предварительного обследования здания является сбор исходной информации, определение общего состояния строительных конструкций, определение состава и объема работ для детального обследования.

2.2 В состав работ по предварительному обследованию входят:

- общий осмотр здания;
- сбор общих сведений о здании, времени строительства, сроках эксплуатации;
- общая характеристика объемно-планировочного и конструктивного решений и систем инженерного оборудования;
- выявление особенностей технологии производства для производственных зданий с точки зрения их воздействия на строительные конструкции, определение фактических параметров микроклимата или производственной среды, температурно-влажностного режима помещения, наличия агрессивных к строительным конструкциям технологических выделений, сбор сведений об антикоррозионных мероприятиях;
- ознакомление с архивными материалами изысканий;
- изучение материалов ранее проводившихся на данном объекте обследований производственной среды и состояния строительных конструкций.

По результатам предварительного обследования в зависимости от имеющихся дефектов и повреждений конструкций должны быть выполнены:

- оценка технического состояния железобетонных, каменных, стальных и деревянных конструкций и в случае необходимости принято решение о первоочередных мероприятиях по усилению конструкций;
- решен вопрос о необходимости проведения детального обследования и намечены участки его выполнения;
- составлена программа детального обследования конструкций.

Категории состояния конструкций в дальнейшем уточняются на основе данных детального обследования и результатов поверочных расчетов.

1.3. Детальное (инструментальное) обследование

Детальное обследование проводят с целью уточнения исходных данных, необходимых для выполнения расчетов конструкций, в зависимости от стоящих задач, наличия и полноты проектно-технической документации, характера и степени дефектов и повреждений может быть сплошным (полным) или выборочным. Детальное обследование включает:

- визуальное обследование конструкций с фиксацией раскрытия трещин;
- обмерочные работы;
- инструментальные обследования.

Сплошное обследование проводят, когда:

отсутствует проектная документация;
обнаружены дефекты конструкций, снижающие их несущую способность;
проводится реконструкция здания с увеличением нагрузок (в том числе этажности);

возобновляется строительство, прерванное на срок более трех лет без мероприятий по консервации;

в однотипных конструкциях обнаружены неодинаковые свойства материалов, изменения условий эксплуатации под воздействием агрессивных среды или обстоятельств типа техногенных процессов и пр.

Выборочное обследование проводят:

при необходимости обследования отдельных конструкций;
в потенциально опасных местах, где из-за недоступности конструкций невозможно проведение сплошного обследования.

Если в процессе сплошного обследования обнаруживается, что не менее 20% однотипных конструкций, при общем их количестве более 20, находится в удовлетворительном состоянии, а в остальных конструкциях отсутствуют дефекты и повреждения, то допускается оставшиеся непроверенные конструкции обследовать выборочно. Объем выборочно обследуемых конструкций должен определяться конкретно (во всех случаях не менее 10 % однотипных конструкций, но не менее трех).

Инструментальному обследованию подлежат все конструкции, в которых при визуальном обследовании обнаружены серьезные дефекты.

Если по результатам визуального обследования сделана, достаточная в соответствии с поставленными задачами оценка состояния конструкций, инструментальное обследование может не проводиться.

При сплошном обследовании проверяются все конструкции. При выборочном - отдельные конструкции, составляющие выборку, объем которой назначается в зависимости от состояния конструкций и задач обследования, но не менее 10 % количества однотипных конструкций или не менее трех.

Визуальное обследование, как правило, является сплошным, а инструментальное - выборочным или сплошным.

При визуальном обследовании фиксируются трещины в конструкциях. Дополнительно должны быть также определены:

- повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов;
- участки конструкций с повышенным коррозионным износом, выходы, каверны в конструкциях;
- состояние фундаментов и осадки опор несущих конструкций;
- смещение элементов сборных конструкций в опорных узлах и их повреждение, несоответствие площадок опирания сборных конструкций проектным требованиям и отклонение фактических геометрических размеров от проектных;
- прогибы несущих конструкций (балок, ригелей, ферм, прогонов, плит перекрытий и покрытий и т.д.);
- наиболее поврежденные и аварийные участки, конструкции и т.д.

При визуальном обследовании в случае необходимости производится ориентировочная оценка прочности бетона (Приложение 2).

При инструментальном обследовании измеряются:

- прогибы и деформации несущих конструкций;
- величины раскрытия трещин;
- фактические характеристики материала несущих конструкций путем проведения испытаний отобранных образцов или неразрушающими методами;
- осадки фундаментов и деформации грунтов оснований.

Определение геометрических характеристик здания и конструкций производится при обмерочных работах.

Обмерами определяются конфигурация, размеры, положение в плане и по вертикали конструкций и их элементов. При обмерочных работах должны быть проверены основные размеры конструктивной схемы здания: длины пролетов, высоты колонн, сечения конструкций, узлы опирания балок и другие геометрические параметры, от величины которых зависит напряженно-деформированное состояние элементов конструкций.

По результатам обследования составляются:

- технический отчет, содержащий результат обследования: планы в разрезе здания с геологическими профилями, конструктивные особенности здания, фундаментов, их геометрия; схемы расположения реперов и марок; описание принятой системы измерений; фотографии, графики и эпюры горизонтальных и вертикальных перемещений, кренов, развития трещин, перечень факторов, способствующих возникновению деформаций; оценка прочностных и деформационных характеристик грунтов оснований и материала конструкций;
- техническое заключение о категории технического состояния здания с оценками возможности восприятия им дополнительных деформаций или других воздействий, обусловленных новым строительством или реконструкцией, а в случае необходимости - перечень мероприятий для усиления конструкций и укрепления грунтов оснований.

1.4 Обследование бетонных и железобетонных конструкций

Основными задачами обследования несущих железобетонных конструкций являются определение состояния конструкций с выявлением повреждений и причин их возникновения, а также физико-механических характеристик бетона.

Натурные обследования бетонных и железобетонных конструкций включают в себя следующие виды работ:

- осмотр и определение технического состояния конструкций по внешним признакам;
- инструментальное или лабораторное определение прочности бетона и арматурной стали;
- определение степени коррозии бетона и арматуры.

Оценка технического состояния конструкций по внешним признакам производится на основе определения следующих факторов:

- геометрических размеров конструкций и их сечений;
- наличия трещин, отколов и разрушений;
- состояния защитных покрытий (лакокрасочных, штукатурок, защитных экранов и др.); прогибов и деформаций конструкций;
- нарушения сцепления арматуры с бетоном;
- наличия разрыва арматуры;
- состояния анкеровки продольной и поперечной арматуры;
- степени коррозии бетона и арматуры.

Лабораторное определение прочности бетона конструкций производится путем испытания образцов, взятых из этих конструкций.

Отбор образцов производится путем выпиливания кернов диаметром от 50 до 150 мм на участках, где ослабление элемента не оказывает существенного влияния на несущую способность конструкций. Этот метод дает наиболее достоверные сведения о прочности бетона в существующих конструкциях. Недостатком его является большая трудоемкость работ по отбору и обработке образцов.

При определении прочности по образцам, отобранным из бетонных и железобетонных конструкций, следует руководствоваться указаниями [ГОСТ 28570](#).

Сущность метода состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих выбуренные или выпиленные из конструкции образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки.

Степень раскрытия трещин сопоставляется с нормативными требованиями по предельным состояниям второй группы в зависимости от вида и условий работы конструкций.

В железобетонных конструкциях наиболее часто встречаются следующие виды трещин:

а) в изгибаемых элементах, работающих по балочной схеме (балки, прогоны), возникают трещины, перпендикулярные (нормальные) продольной оси, вследствие появления растягивающих напряжений в зоне действия максималь-

ных изгибающих моментов и трещины, наклонные к продольной оси, вызванные главными растягивающими напряжениями в зоне действия существенных перерезывающих сил и изгибаемых моментов.

б) нормальные трещины имеют максимальную ширину раскрытия в крайних растянутых волокнах сечения элемента. Наклонные трещины начинают раскрываться в средней части боковых граней элемента - в зоне действия максимальных касательных напряжений, а затем развиваются в сторону растянутой грани.

Образование наклонных трещин на опорных концах балок и прогонов свидетельствует о недостаточной их несущей способности по наклонным сечениям.

Вертикальные и наклонные трещины в пролетных участках балок и прогонов свидетельствуют о недостаточной их несущей способности по изгибающему моменту.

Раздробление бетона сжатой зоны сечений изгибаемых элементов указывает на исчерпание несущей способности конструкции;

В изгибаемых элементах, как правило, к появлению трещин более 0,5 мм приводит увеличение прогибов и углов поворота.

Внешние признаки, характеризующие состояние железобетонных конструкций по 5-ти категориям, приводятся в приложении 1.

В таблице 2.3.1. приведены значения предельно допустимых прогибов для сборных и монолитных элементов железобетонных конструкций.

Таблица 2.3.1

Значения предельно допустимых прогибов железобетонных конструкций

Элементы конструкций	Предельно допустимые прогибы
1. Подкрановые балки при кранах: ручных электрических	l/500 l/600
2. Перекрытия с плоскими ж/б плитами и плоским потолком и элементы покрытия, при пролетах, м: $l < 6$ $6 \leq l \leq 7,5$ $l > 7,5$	l/200 3 см l/250
3. Перекрытия с ребристыми плитами и элементы лестниц при пролетах, м: $l < 5$ $5 \leq l \leq 10$ $l > 10$	l/200 2,5 см l/400
4. Элементы покрытий сельскохозяйственных зданий производственного назначения при пролетах, м: $l < 6$ $6 \leq l \leq 10$ $l > 10$	l/150 4 см l/250

Элементы конструкций	Предельно допустимые прогибы
5. Навесные стеновые панели (при расчете из плоскости) при пролетах, м:	
$l < 6$	$l/200$
$6 \leq l \leq 7,5$	3 см
$l > 7,5$	$l/250$
Примечание. При действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок прогиб балок и плит не должен превышать $l/150$ пролета и $l/75$ вылета консоли.	

1.5. Обследование оснований и фундаментов зданий

Проведению обследования оснований и фундаментов зданий должен предшествовать анализ:

- результатов визуальной оценки состояния верхней конструкции здания;
- проектной документации здания, материалов, устанавливающих тип фундаментов, их размеры и глубину заложения, нагрузок (постоянных и временных) на фундаменты;
- материалов инженерно-геологических изысканий, выполненных перед строительством или в последние годы;
- инженерных мероприятий, проводившихся в пределах площадки или вблизи нее.

Обследование оснований и фундаментов производится специализированной организацией, имеющей лицензию на проведение данных работ, в соответствии со специальным разделом общей программы обследования здания, составляемой на основании технического задания заказчика или проектной организации.

До начала работ по обследованию грунтов оснований и фундаментов от соответствующих организаций в установленном порядке должно быть получено разрешение (ордер) на проходку шурфов, бурение скважин, зондирование. При этом в местах исторической застройки названные работы необходимо согласовывать с органами охраны исторических памятников.

К особенностям обследования оснований и фундаментов зданий относятся затрудненный доступ к основанию из-за наличия строительных конструкций, недопустимость нарушения и ослабления основания при проходке выработок, ограничения в применении стандартного изыскательского оборудования из-за стесненных условий.

При обследовании, особенно в районах исторической застройки, необходимо также выявить наличие и местоположение существующих и ранее существовавших подземных сооружений, подвалов, фундаментов снесенных зданий, тоннелей, инженерных коммуникаций, колодцев, подземных выработок, буровых скважин и др. в зоне влияния нового строительства.

Допускается не проводить обследование грунтов оснований и фундаментов зданий и сооружений геотехнических категорий I и II, у которых при

обследовании не обнаружено видимых деформаций и для которых имеются все необходимые архивные материалы, а величины дополнительных нагрузок на фундаменты от нового строительства или реконструкции и величины дополнительных осадок не вызовут недопустимые деформации конструкций, и если в зоне взаимодействия сооружения с геологической средой отсутствуют специфические грунты и опасные инженерно-геологические процессы.

Обследование грунтов оснований в общем случае включает следующий комплекс работ:

- проходку шурфов, преимущественно вблизи фундаментов;
- бурение скважин с отбором образцов грунта и определением уровня подземных вод;
- зондирование грунтов;
- испытание грунтов штампами или прессиометрами (статическими нагрузками);
- исследования грунтов геофизическими методами;
- лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов и химический анализ подземных вод;
- камеральная обработка материалов;
- составление технического отчета, включающего заключение об изменении инженерно-геологических условий.

Расположение и общее число выработок, точек зондирования, применение геофизических методов, объем, и состав определений физико-механических характеристик грунтов зависят от размеров здания или сооружения, сложности инженерно-геологического строения площадки и, кроме того, определяются необходимостью обследования фундаментов и их оснований на наиболее и наименее нагруженных участках в зонах влияния нового строительства или реконструкции. При этом необходимо также учитывать выявленные деформации зданий с целью детализации исследования грунтовых условий в местах деформирования зданий.

В результате проведенных обследований грунтов должно быть установлено соответствие новых данных архивным, если они имеются. Выявленные различия в инженерно-геологической и гидрогеологической обстановке и свойствах грунтов используют для объяснения причин деформаций и повреждений зданий, разработки дальнейших прогнозов и учитывают при выборе способов усиления фундаментов или упрочнения основания здания.

Обследование фундаментов включает следующие виды работ:

- визуальное (общее) обследование фундаментов;
- детальное (техническое) обследование фундаментов;
- определение прочности, а в необходимых случаях трещиностойкости конструкций фундаментов;
- наличие, тип и состояние гидроизоляции;

При обследовании зданий вблизи источников динамических нагрузок, вызывающих колебания прилегающих к ним участков основания, необходимо проводить вибрационное обследование.

Вибрационное обследование производится в целях получения фактических данных об уровнях колебаний грунта и конструкций фундаментов эксплуатируемых зданий и сооружений при наличии динамических воздействий:

- от оборудования, устанавливаемого или планируемого к установке вблизи здания;
- от проходящего наземного или подземного колесного и рельсового транспорта вблизи от здания;
- от строительных работ при реконструкции;
- от других источников вибрации, расположенных вблизи здания.

Для вибрационных обследований зданий, фундаментов и их оснований, а также подземных сооружений, рекомендуется применение комплексов аппаратуры, обеспечивающих запись колебаний в диапазоне частот от 1 до 100 Гц.

2.5. Обследование металлических конструкций

Задачами обследования металлических конструкций являются:

- определение технического состояния конструкций по внешним признакам;
- оценка коррозионных повреждений стальных конструкций;
- обследование сварных, заклепочных и болтовых соединений;
- определение качества стали конструкций.

Определение технического состояния конструкций по внешним признакам

Дефекты и повреждения стальных конструкций в зависимости от причин, их вызывающих, можно систематизировать на следующие группы:

1. Повреждения от силовых воздействий (статических и динамических) - разрывы, потеря устойчивости, трещины, ослабление соединений и т.п.
2. Повреждения от механических воздействий - вмятины, прогибы, искривления, истирание и др.
3. Повреждения от температурных воздействий - коробление и разрушение при высоких температурах, хрупкие трещины при отрицательных температурах.
4. Повреждения (коррозия) от химической агрессии электрохимических и физико-химических воздействий.

Оценка степени влияния конкретных повреждений производится по допускаемым отклонениям на соответствующие дефекты, регламентированные [СНиП II-23](#), [СНиП 3.03.01](#) и др.

Оценка технического состояния конструкций по внешним признакам производится на основе определения следующих факторов:

- геометрических размеров конструкций и их сечений; наличия разрывов элементов конструкций; наличия искривлений элементов;
- состояния антикоррозионных защитных покрытий; дефектов и механических повреждений;
- состояния сварных, болтовых и заклепочных соединений; степени и характера коррозии элементов и соединений;
- отклонения элементов от проектного положения (расстояния между осями ферм, прогонов, отметок опорных узлов и ригелей и т.п.);
- прогибов и деформаций.

Определение геометрических параметров конструкций и их сечений производится путем непосредственных измерений по рекомендациям п. [3.1](#). При этом фиксируются все отклонения от их проектного положения.

Толщина элементов измеряется штангенциркулем с точностью до 0,05 мм; толщина элементов, имеющих доступ с одной стороны, измеряется с помощью ультразвуковых толщиномеров типа Кварц-6, Кварц-15; сечение сварных швов определяется с помощью шаблонов или снятием слепка пластиком, остальные размеры - с помощью стальной линейки и рулетки.

Для измерения толщины листа в слабо напряженной зоне может быть высверлено отверстие диаметром до 50 мм.

Определение ширины и глубины раскрытия трещин в общем случае следует выполнять по рекомендациям п. [3.1](#). Выявление трещин в металлических конструкциях производится путем тщательного визуального осмотра с использованием лупы с 6 - 8-кратным увеличением или микроскопа МИР-2.

Признаками наличия трещин могут быть потеки ржавчины, выходящие на поверхность металла, и шелушение краски.

Для уточнения наличия трещин можно хорошо заточенным зубилом снимать небольшую стружку вдоль предполагаемой трещины, раздвоение которой говорит о наличии трещин.

Для выявления трещин можно пользоваться керосином. Для этого очищенная поверхность смачивается керосином, который проявляет очертание трещины.

Основными дефектами и повреждениями стальных конструкций, которые выявляются при визуальных натурных обследованиях, являются:

- в конструкциях - прогибы отдельных элементов и всей конструкции, винтообразность элементов, выпучивания, местные прогибы, погнутость узловых фасонок, коррозия основного металла и металла соединений, трещины;
- в сварных швах - дефекты формы шва (неполномерность, резкие переходы от основного металла к наплавленному, наплывы, неравномерная ширина шва, кратеры, перерывы) и дефекты структуры шва (трещины в швах или околошовной зоне, подрезы основного металла, непровары по кромкам и по сечению шва, шлаковые или газовые включения или поры);
- в заклепочных соединениях - зарубки, смещение с оси стержней и маломерность головок, избыток или недостаток по высоте потайных заклепок, ко-

ся заклепка, трещиноватость или рябина заклепки, зарубки металла отжимкой, неплотные заполнения отверстий телом заклепки, овальность отверстий, смещение осей заклепок от проектного положения, подвижность заклепок, отрыв головок, отсутствие заклепок, неплотное соединение пакета.

Помимо указанного в конструкциях из алюминиевых сплавов выявляются места их контакта с коррозионно-активным материалом.

Оценка категории технического состояния стальных конструкций по внешним признакам приводится в таблице (приложение 3).

1.7. Обследование деревянных конструкций

Особенности эксплуатационных качеств деревянных конструкций

Древесина является эффективным строительным материалом, однако имеет ряд отрицательных свойств: неоднородность строения и пороки (сучки, косо-слой и др.), быстрое увлажнение, набухаемость, низкая огнестойкость, быстрое разрушение грибами и жучками. Поэтому обеспечение долговечности деревянных конструкций требует выполнения ряда мероприятий при их строительстве и эксплуатации.

Основные требования, предъявляемые к древесине и деревянным конструкциям, регламентируются [ГОСТ 16483.0](#), [ГОСТ 16483.7](#), [ГОСТ 9462](#), [ГОСТ 9463](#), а также [СНиП II-25](#).

При обследованиях деревянных конструкций следует различать особенности неклееных и клееных конструкций и требований к условиям их эксплуатации, так как стойкость клеевых соединений к циклическим температурно-влажностным и другим эксплуатационным воздействиям отличается от неклееных конструкций.

При оценке стойкости клеевых соединений к циклическим температурно-влажностным воздействиям следует руководствоваться указаниями [ГОСТ 17580](#), водостойкости - [ГОСТ 17005](#).

Основные признаки, характеризующие техническое состояние конструкций

Основными признаками, характеризующими техническое состояние деревянных конструкций, являются: трещины, прогибы и деформации, прочностные показатели, влажностное состояние, биоповреждение (грибами и жуками), коррозия древесины (для конструкций, эксплуатируемых в условиях агрессивных сред), коррозия металлических накладок, скоб, хомутов, болтов и др.

Прогибы и деформации элементов деревянных конструкций определяются по методике и средствами, изложенными в разд. настоящей методики.

Прогибы элементов деревянных конструкций зданий и сооружений не должны превышать величин, приведенных в таблице 2.6.1.

Таблица 2.6.1

№ п. п.	Элементы конструкций	Предельные прогибы в долях пролета, не более
1	Балки междуэтажных перекрытий	1/250
2	Балки чердачных перекрытий	1/200
3	Покрытия (кроме ендов):	
	прогоны, стропильные ноги	1/200
	балки консольные	1/150
	фермы, клееные балки (кроме консольных)	1/300
	плиты	1/250
	обрешетки, настилы	1/150
4	Несущие элементы ендов	1/400
5	Панели и элементы фахверка	1/250
<p>Примечания: 1. При наличии штукатурки прогиб элементов перекрытий только от длительной временной нагрузки не должен превышать 1/350 пролета.</p> <p>2. При наличии строительного подъема предельный прогиб клееных балок допускается до 1/200 пролета.</p>		

2. ИСПЫТАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ

Испытания конструкций нагружением выполняется в целях установления их эксплуатационных свойств и может проводиться статической или динамической нагрузкой.

Целью статического испытания является установление:

несущей способности, определяемой нагрузкой, при которой наступает потеря прочности или устойчивости объекта испытания;

жесткости конструкции, выявляемой по значениям перемещений, предельными с точки зрения возможности нормальной эксплуатации объекта;

трещиностойкости (в первую очередь для бетонных и железобетонных конструкций). При определении трещиностойкости устанавливаются значения нагрузки, при которой образуются трещины, допустимые по условиям эксплуатации

При испытаниях конструкций обследуемых сооружений динамической нагрузкой исследования проводятся по двум направлениям: определяют реакцию конструкции на заданные воздействия с целью установления ее напряженно-деформированного состояния при динамических воздействиях; оценивают состояние конструкции и ее действительную схему работы, используя при этом динамические испытания в режиме собственных или вынужденных колебаний.

испытания конструкций и деталей при их серийном изготовлении выполняются путем выборочных испытаний отдельных образцов с доведением до разрушения. Задачей испытаний в данном случае является установление фактической несущей способности и других характеристик испытываемых образцов с распространением полученных результатов на всю изготовленную партию;

Порядок проведения статических испытаний

Перед началом испытаний должна быть проведена необходимая подготовка: смонтированы нагрузочные приспособления и подготовлена нагрузка; установлены подмости и ограждения, обеспечено, если это вызывается условиями испытаний, дополнительное освещение мест установки приборов, согласованы перерывы в эксплуатации исследуемого объекта и т.д.

Предварительными расчетами уточняется испытательная нагрузка и определяются соответствующие этой нагрузке значения перемещений, деформаций, напряжений и усилий, возникающих в исследуемых элементах конструкций.

Перед испытанием составляется схема расположения измерительных приборов с указанием их типа и характеристик. При этом учитывается следующее:

измерения наиболее ответственных параметров, определяющих работоспособность сооружения, необходимо дублировать, применяя приборы различного принципа действия. Так, например, прогиб ферм, измеренный с по-

мощью прогибомеров, целесообразно измерять также путем нивелирования;

к группам однотипных приборов добавляется контрольный прибор, находящийся в тех же условиях, но расположенный на элементе, не участвующем в работе сооружения. Изменение показателей контрольного прибора позволяет учесть влияние внешних факторов на результаты измерений и внести в них соответствующие поправки; приборы нужно устанавливать там, где измеряемые показатели достигают наибольших значений. Нецелесообразно ставить приборы в зоне «нулевых» отсчетов, поскольку даже небольшие погрешности измерений в данном случае будут сильно искажать получаемые результаты.

В ходе натурных и лабораторных испытаний строительных объектов или конструкций в обязательном порядке выполняется:

- предварительное загрузке испытываемого объекта;
- квалифицированная запись показаний приборов;
- визуальное наблюдение за техническим состоянием испытываемого объекта;
- строгое соблюдение правил техники безопасности при производстве статических испытаний обследуемого объекта.

Предварительное загрузке является начальным этапом испытания. На этом этапе проверяют:

- готовность и надлежащее действие всех подготовленных приспособлений, в первую очередь нагрузочных;
- надежность крепления и правильность показаний установленных приборов;
- окончательно отработывают намеченный процесс проведения испытания.

Интенсивность предварительного загрузке принимают обычно равной первой ступени нагрузки, предусмотренной программой испытания. Выявленные во время загрузке неудовлетворительно работающие приборы подлежат исправлению или замене.

Порядок проведения статических испытаний

Перед началом испытаний должна быть проведена необходимая подготовка: смонтированы нагрузочные приспособления и подготовлена нагрузка; установлены подмости и ограждения, обеспечено, если это вызывается условиями испытаний, дополнительное освещение мест установки приборов, согласованы перерывы в эксплуатации исследуемого объекта и т.д.

Предварительными расчетами уточняется испытательная нагрузка и определяются соответствующие этой нагрузке значения перемещений, деформаций, напряжений и усилий, возникающих в исследуемых элементах конструкций.

Перед испытанием составляется схема расположения измерительных приборов с указанием их типа и характеристик. При этом учитывается следующее:

измерения наиболее ответственных параметров, определяющих работоспособность сооружения, необходимо дублировать, применяя приборы различного принципа действия. Так, например, прогиб ферм, измеренный с помощью прогибомеров, целесообразно измерять также путем нивелирования;

к группам однотипных приборов добавляется контрольный прибор, находящийся в тех же условиях, но расположенный на элементе, не участвующем в работе сооружения. Изменение показателей контрольного прибора позволяет учесть влияние внешних факторов на результаты измерений и внести в них соответствующие поправки; приборы нужно устанавливать там, где измеряемые показатели достигают наибольших значений. Нецелесообразно ставить приборы в зоне «нулевых» отсчетов, поскольку даже небольшие погрешности измерений в данном случае будут сильно исказить получаемые результаты.

В ходе натурных и лабораторных испытаний строительных объектов или конструкций в обязательном порядке выполняется:

- предварительное загрузке испытываемого объекта;
- квалифицированная запись показаний приборов;
- визуальное наблюдение за техническим состоянием испытываемого объекта;
- строгое соблюдение правил техники безопасности при производстве статических испытаний обследуемого объекта.

Предварительное загрузке является начальным этапом испытания. На этом этапе проверяют:

- готовность и надлежащее действие всех подготовленных приспособлений, в первую очередь нагрузочных;
 - надежность крепления и правильность показаний установленных приборов;
- Если целью испытания является определение несущей способности или исследование условий появления местных повреждений (трещин, сколов и т.п.), то значения максимальной нагрузки уточняют в процессе эксперимента в соответствии с его полученными промежуточными результатами. Нагрузку следует принимать с некоторым запасом, для того чтобы гарантировать ее достаточность.

Испытание железобетонных изделий серийного изготовления и отбор контрольных образцов проводятся следующим образом:

- при проверке на прочность контрольная нагрузка принимается равной расчетной, умноженной на коэффициент C , численные значения которого выбираются от 1,4 до 2 в зависимости от типа конструкции, вида примененного бетона и характера ожидаемого разрушения;
- при проверке на жесткость контрольная нагрузка принимается равной нормативной в наихудшем ее положении;

- при проверке на трещиностойкость — для изделий первой категории трещиностойкости нагрузка берётся равной 1,05 от расчетной, а для второй категории — 1,05 от нормативной.

Для контрольных испытаний образцов железобетонных изделий серийного изготовления имеются следующие указания:

- при проверке прочности ступени (доли) нагрузки не должны превосходить 10% от ее максимального значения;
- при проверке жесткости сооружения ступени должны быть не более 20% от соответствующей контрольной;
- при проверке трещиностойкости после приложения нагрузки, равной 90% от соответствующей контрольной, каждая последующая доля загрузения, вплоть до момента появления трещин, должна составлять не более 5% контрольной.

Для облегчения обработки результатов испытаний последовательные ступени нагрузки должны быть по возможности одинаковыми.

Начальную ступень нагружения следует принимать 5—10% от ожидаемой максимальной нагрузки, поскольку в начале формирования приложения усилий часть их идет на обмятие подкладок в опорах и под нагрузочными приспособлениями, вытяжку тяг и т.д.

Ступени разгрузки следует назначать такими же, как и ступени нагружения. Этим существенно облегчается сравнение «прямых» и «обратных» ходов показаний приборов.

Если необходимо сократить количество ступеней разгрузки, то их число следует принимать кратным ступеням нагружения для того, чтобы сохранялось совпадение соответствующих точек прямого и обратного ходов.

При повторных (циклических) загрузениях нагрузка после каждого цикла должна сниматься не полностью, а доводиться до уровня первой (начальной) ступени. Этим обеспечивается необходимая жесткость испытания, поскольку все нагрузочные устройства остаются включенными. При полной же разгрузке не исключена возможность небольших перекосов и смещений нагрузочных устройств, что затрудняет сопоставление получаемых результатов.

Для выяснения закономерности приращения перемещений и деформаций после приложения нагрузки делается выдержка:

- для металлических конструкций — от 15 до 30 мин;
- железобетонных конструкций — около 24 ч;
- деревянных конструкций — от 12 ч до нескольких суток.

Если перемещения и деформаций при постоянной нагрузке в указанные выше сроки не затухают, то время выдержки увеличивается.

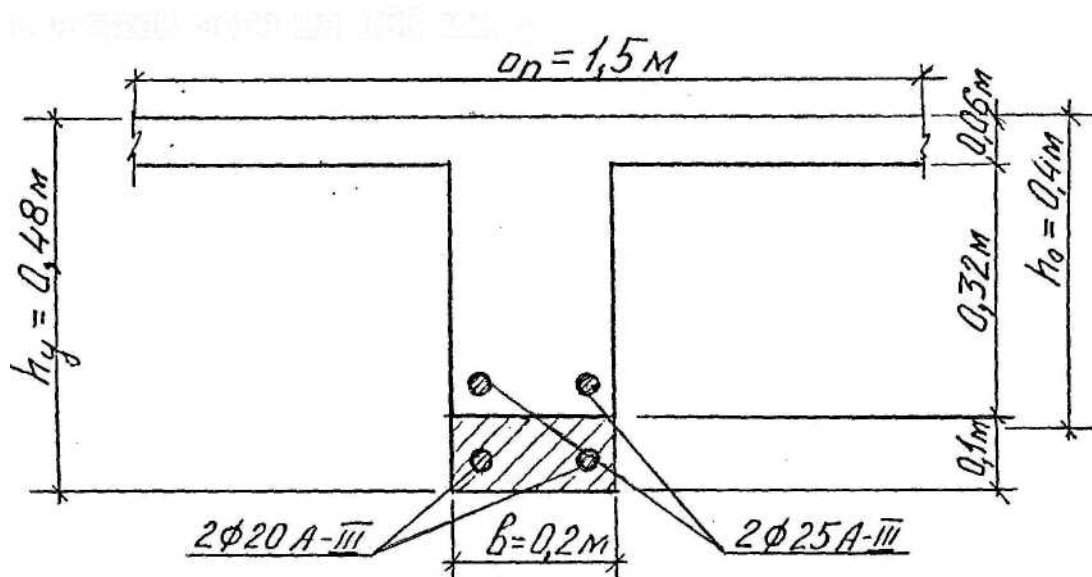
Для выборочных испытаний образцов железобетонных изделий серийного изготовления предусматривается обязательная выдержка:

- при контрольных загрузках на жесткость и трещиностойкость — не менее 30 мин;
- после каждой промежуточной ступени загрузки — не менее 10 мин.

3. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ УСИЛЕНИЮ

ПРИМЕР 1

При обследовании монолитной железобетонной плиты перекрытия установлено, что категория ее технического состояния 3 (коэффициент условия работы $K = 0,7$). Требуется произвести усиление конструкции в связи с увеличением нагрузки на перекрытие на 3 кПа. (300 кг/м^2). Усиление производим путем наращивания ребра в растянутой зоне на 100 мм.



Характеристики существующей конструкции:

Марка бетона М200 (класс В15), бетон тяжелый, $R_b = 8,5 \cdot 10^3 \text{ кПа}$, $R_{bt} = 0,75 \cdot 10^3 \text{ кПа}$ ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.13).

Растянутая арматура $2\phi 25 \text{ A-III}$ ($A_{s1} = 9,82 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$). $R_s = 365 \cdot 10^3 \text{ кПа}$ ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.22).

Действующая расчетная нагрузка с учетом собственного веса $q = 8 \text{ кПа}$ ($0,8 \text{ т/м}^2$).

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{8 \cdot 1,5 \cdot 6^2}{8} = 54,0 \text{ кП} \cdot \text{м},$$

где $l = 6 \text{ м}$ - длина балки

$$Q = \frac{ql}{2} = \frac{8 \cdot 1,5 \cdot 6}{2} = 36,0 \text{ кН}$$

Характеристики наращиваемого сечения:

Марка бетона М300 (класс В20), $R_{bt} = 0,9 \cdot 10^3 \text{ кПа}$.

Дополнительная арматура $2\varnothing 20$ А-Ш ($A_{s2} = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$).

Фактические усилия с учетом дополнительной нагрузки:

$$M_{\phi} = M + M_{дон}.$$

где

$$M_{дон} = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 6^2}{8} + \frac{0,1 \cdot 25 \cdot 0,2 \cdot 6^2}{8} = 22,5 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где удельный вес бетона принят $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$ ($2,5 \text{ т/м}^3$).

$$M_{\phi} = 54,0 + 22,5 = 76,5 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$Q_{\phi} = Q + Q_{дон}.$$

где

$$Q_{дон} = \frac{3 \cdot 1,5 \cdot 6}{2} + \frac{0,1 \cdot 25 \cdot 0,2 \cdot 6}{2} = 15,0 \text{ кН}$$

$$Q_{\phi} = 36,0 + 15,0 = 51,0 \text{ кН}$$

Требуется проверить прочность сечения.

Высота сжатой зоны сечения:

$$x = \frac{R_s A_s}{R_e \sigma} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 16,1 \cdot 10^{-4}}{8,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5} = 0,046 \text{ м},$$

где $R_s = 365 \cdot 10^3 \text{ кПа}$, $R_e = 8,5 \cdot 10^3 \text{ кПа}$, $A_s = 9,82 \cdot 10^{-4} + 6,28 \cdot 10^{-4} = 16,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

$$x = 0,046 \text{ м} < 0,55 \cdot h_0 = 0,55 \cdot 0,4 = 0,22 \text{ м}$$

Условие удовлетворено.

Новая несущая способность сечения:

$$M_0 = R_e \cdot \sigma \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K = 8,5 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 0,046 (0,4 - 0,5 \cdot 0,046) \cdot 0,7 = 154,78 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_0 = 154,78 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 76,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Условие удовлетворено.

Сдвигающее напряжение в зоне сопряжения старого и нового бетона:

$$\tau = \frac{Q_{\phi}}{\sigma(h_0 - 0,5x)} = \frac{51,0}{0,2(0,4 - 0,5 \cdot 0,046)} = 676,39 \text{ кПа}$$

где $\sigma = 0,2 \text{ м}$ - толщина ребра.

Проверяем соблюдение условия совместной работы старого и нового бетона:

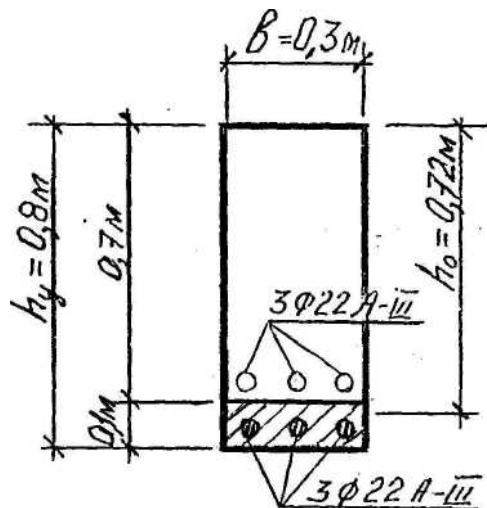
$$\tau = 676,39 \text{ кПа} < 1,57 \cdot R_{gt} = 1,57 \cdot 0,75 \cdot 10^3 = 1177,5 \text{ кПа}$$

Условие $\tau \leq 1,57 R_{gt}$ удовлетворено.

Прочность сечения обеспечена.

ПРИМЕР 2

При обследовании железобетонной балки перекрытия установлено, что категория, ее технического состояния 4 (коэффициент условия работы $K = 0,55$). Требуется усиление конструкции. Усиление производим путем наращивания ее сечения в растянутой зоне на 100 мм.



Характеристики существующей конструкции:

Марка бетона М300 (класс В20), бетон тяжелый, $R_c = 11,5 \cdot 10^3$ кПа, $R_{ct} = 0,9 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.13).

Растянутая арматура $3\phi 22$ А-III ($A_{s1} = 11,4 \cdot 10^{-4}$ м²), $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.22).

Действующие внешние усилия $M_{\max} = 270$ кН.м (27 т.м), $Q_{\max} = 180$ кН (18 т).

Характеристики наращиваемого сечения:

Класс бетона Б30.

Дополнительная арматура $3\phi 20$ А-III ($A_{s2} = 9,42 \cdot 10^{-4}$ м²).

Защитный слой бетона 0,025 м.

Требуется проверить прочность сечения.

Высота сжатой зоны сечения:

$$x = \frac{R_s A_s}{R_c b} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 20,8 \cdot 10^{-4}}{11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 0,22 \text{ м,}$$

где $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа, $R_c = 11,5 \cdot 10^3$ кПа, $A_s = 11,4 \cdot 10^{-4} + 9,42 \cdot 10^{-4} = 20,8 \cdot 10^{-4}$ м²

$$x = 0,22 \text{ м} < 0,55 \cdot h_0 = 0,55 \cdot 0,72 = 0,39 \text{ м}$$

Условие удовлетворено.

Новая несущая способность сечения:

$$M_0 = R_c \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K = 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,22 \cdot (0,72 - 0,5 \cdot 0,22) \cdot 0,55 = 267,17 \text{ кН.м}$$

$$M_0 = 267,17 \text{ кН.м} < M_{\max} = 270 \text{ кН.м}$$

Условие не удовлетворено.

Требуется увеличить диаметр дополнительной арматуры. Принимаем $3\phi 22$ А-III.

Высота сжатой зоны сечения

$$x = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 22,8 \cdot 10^{-4}}{11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 0,24 \text{ м,}$$

где $A_s = 11,4 \cdot 10^{-4} + 11,4 \cdot 10^{-4} = 22,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

$$x = 0,24 \text{ м} < 0,55 \cdot 0,72 = 0,39 \text{ м}$$

Новая несущая способность сечения:

$$M_o = 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,24 \cdot (0,72 - 0,5 \cdot 0,24) \cdot 0,55 = 286,9 \text{ кН.м}$$

$$M_o = 286,9 \text{ кН.м} > M_{\max} = 270 \text{ кН.м}$$

Условие удовлетворено.

Принятая дополнительная арматура $3\varnothing 20$ А-III проходит по расчету.

Сдвигающее напряжение в зоне сопряжения старого и нового бетона

$$\tau = \frac{Q}{\sigma(h_o - 0,5x)} = \frac{180}{0,3(0,75 - 0,5 \cdot 0,24)} = 952,38 \text{ кПа}$$

где $Q = 180 \text{ кН}$

Проверяем соблюдение условия совместной работы старого и нового бетона

$$\tau = 952,38 \text{ кПа} < 1,57 \cdot R_{gt} = 1,57 \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 1413 \text{ кПа}$$

Условие $\tau \leq 1,57R_{gt}$ удовлетворено.

Несущая способность сечения по поперечной силе

$$Q_o \leq \frac{0,3R_g \cdot \sigma \cdot h_o}{1 - \frac{2h_o}{l}} K = \frac{0,3 \cdot 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,72}{1 - \frac{2 \cdot 0,72}{6}} 0,55 = 481,6 \text{ кН}$$

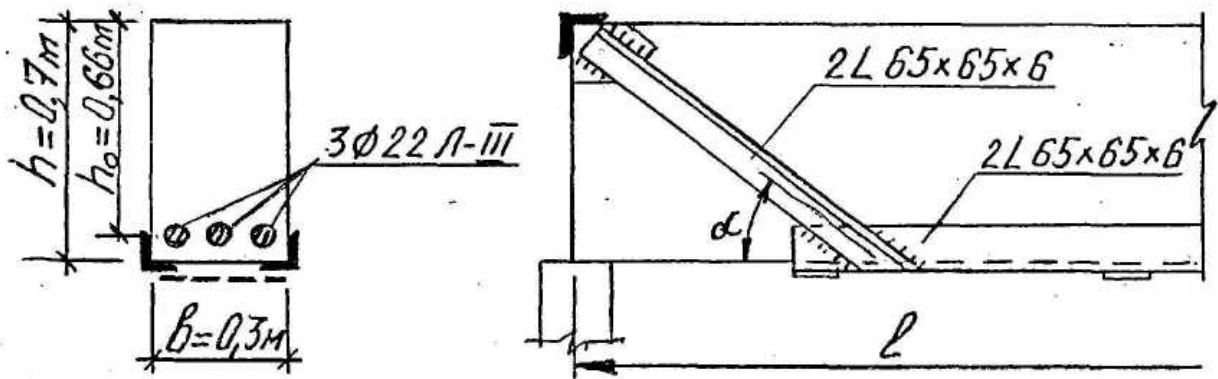
$$Q = 180 \text{ кН} < Q_o = 481,6 \text{ кН}$$

Прочность сечения по поперечной силе обеспечена.

Размер усиления по высоте 0,1 м удовлетворяет. Принимаем усиленную прямоугольную балку $0,8 \times 0,3$ м с дополнительной арматурой $3\varnothing 22$ А-III.

ПРИМЕР 3

При обследовании железобетонной балки установлено, что категория ее технического состояния 4 (коэффициент условия работы $K = 0,55$). Требуется усиление конструкции. Усиление производим стальными шпренгелями.



Характеристики существующей конструкции:

Класс бетона В20 ($R_b = 11,5 \cdot 10^3$ кПа).

Площадь растянутой арматуры $A_s = 11,4 \cdot 10^{-4}$ м², $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа

Максимальный изгибающий момент $M = 200$ кН.м.

Высота сжатой зоны сечения

$$x = \frac{R_s A_s}{R_b b} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 11,4 \cdot 10^{-4}}{11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 0,12 \text{ м}$$

$$x = 0,12 \text{ м} < 0,55 \cdot h_0 = 0,55 \cdot 0,66 = 0,36 \text{ м}$$

Условие удовлетворено.

Несущая способность сечения

$$M_0 = R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K = 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,12 (0,66 - 0,5 \cdot 0,12) \cdot 0,55 = 136 \text{ кН.м}$$

Так как $M_0 = 136$ кН.м $< M = 200$ кН.м, требуется усиление конструкции на момент равный разности между действующим моментом M и моментом воспринимаемым железобетонным элементом M_0 .

Горизонтальное усилие в стальных уголках

$$R = \frac{4(M - M_0)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha} = \frac{4(200 - 136)}{6 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ} = 74,7 \text{ кН}$$

Усилие в подкосе

$$S = \frac{4(M - M_0)}{l \cdot \sin \alpha} = \frac{4(200 - 136)}{6 \cdot \sin 30^\circ} = 83,2 \text{ кН}$$

Необходимая площадь сечения уголков

$$A_n = \frac{83,2}{230 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 0,452 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 = 4,52 \text{ см}^2$$

Принимаем конструктивно 2 $\angle 65 \times 65 \times 6$ мм ($A = 2 \cdot 7,55 = 15,1$ см²).

Производим проверку несущей способности балки из условия совместной работы балки совместно со шпренгелем.

Приводим сечение уголков к расчетному сопротивлению арматуры

$$A_s = 11,4 \cdot 10^{-4} + 15,1 \frac{230 \cdot 10^3}{365 \cdot 10^3} = 20,9 \text{ см}^2$$

Высота сжатой зоны бетона

$$x = \frac{R_s A_s}{R_{cb}} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 20,9 \cdot 10^{-4}}{11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 0,21 \text{ м}$$

$$x = 0,21 \text{ м} < 0,55 \cdot h_0 = 0,55 \cdot 0,66 = 0,36 \text{ м}$$

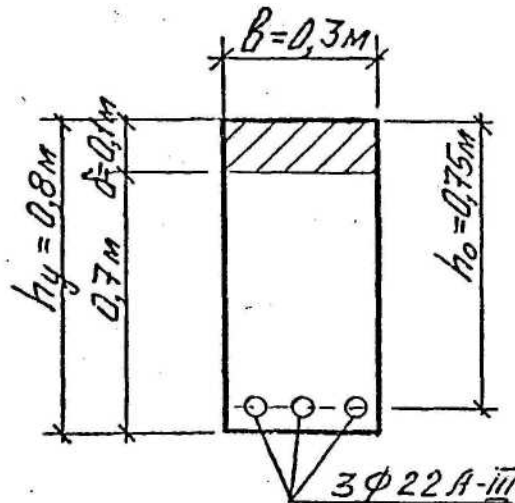
Несущая способность сечения

$$M_0 = 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,21(0,66 - 0,5 \cdot 0,21)0,55 = 221 \text{ кН.м}$$

$$M_0 = 221 \text{ кН.м} > M = 200 \text{ кН}$$

ПРИМЕР 4

При обследовании железобетонной балки перекрытия установлено, что категория ее технического состояния 4 (коэффициент условия работы $K = 0,55$). Требуется усиление конструкции. Усиление производим путем наращивания сечения в сжатой зоне на 100 мм.



Характеристики существующей конструкции:

Марка бетона М400 (класс В30), бетон тяжелый, $R_c = 17,0 \cdot 10^3$ кПа, $R_{ct} = 1,2 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.13).

Растянутая арматура $3\phi 22$ А-Ш ($A_s = 11,4 \cdot 10^{-4}$ м²), $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.22).

Защитный слой бетона 0,025 м.

Действующие внешние усилия $M_{\max} = 270$ кН.м (27 т.м), $Q_{\max} = 180$ кН (18 т.)

Характеристики наращиваемого сечения:

Класс бетона В30, $R_c = 17,0 \cdot 10^3$ кПа, $R_{ct} = 1,2 \cdot 10^3$ кПа.

Требуется проверить прочность сечения.

Высота сжатой зоны сечения:

$$x = \frac{R_s A_s}{R_{cb}} = \frac{365 \cdot 10^3 \cdot 11,4 \cdot 10^{-4}}{17,0 \cdot 10^3 \cdot 0,3} = 0,08 \text{ м,}$$

где $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа, $R_g = 17,0 \cdot 10^3$ кПа, $A_s = 11,4 \cdot 10^{-4}$ м²

$$x = 0,08 \text{ м} < 0,55 \cdot h_0 = 0,55 \cdot 0,75 = 0,41 \text{ м}$$

Условие удовлетворено.

Новая несущая способность сечения:

$$M_0 = R_g \cdot \epsilon \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K = 17,0 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,08 (0,75 - 0,5 \cdot 0,08) 0,55 = 289,68 \text{ кН.м}$$

$$M_0 = 289,68 \text{ кН.м} > M_{\max} = 270 \text{ кН.м}$$

Условие удовлетворено.

Сдвигающее напряжение в зоне сопряжения старого и нового бетона:

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot \epsilon}$$

где S - статический момент части сборно-монолитного элемента, расположенной выше шва сопряжения, относительно его центра тяжести.

$$S = \frac{\epsilon \cdot \delta}{2} (h_y - \delta) = \frac{0,3 \cdot 0,1}{2} (0,8 - 0,1) = 0,0105 \text{ м}^3$$

J - момент инерции сечения бетона относительно центра тяжести сечения балки

$$S = \frac{\epsilon \cdot h_y^3}{12} = \frac{0,3 \cdot 0,8^3}{12} = 0,0128 \text{ м}^4$$

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{J \cdot \epsilon} = \frac{180 \cdot 0,0105}{0,0128 \cdot 0,3} = 492,19 \text{ кПа}$$

Проверяем соблюдение условия совместной работы старого и нового бетона:

$$\tau = 492,19 \text{ кПа} < 1,57 \cdot R_{gt} = 1,57 \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 1884 \text{ кПа}$$

Условие $\tau \leq 1,57 R_{gt}$ удовлетворено.

Прочность сечения обеспечена.

Несущая способность сечения по поперечной силе

$$Q_0 \leq \frac{0,3 R_g \cdot \epsilon \cdot h_0}{1 - \frac{2h_0}{l}} K = \frac{0,3 \cdot 17 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{1 - \frac{2 \cdot 0,75}{6}} 0,55 = 841,5 \text{ кН}$$

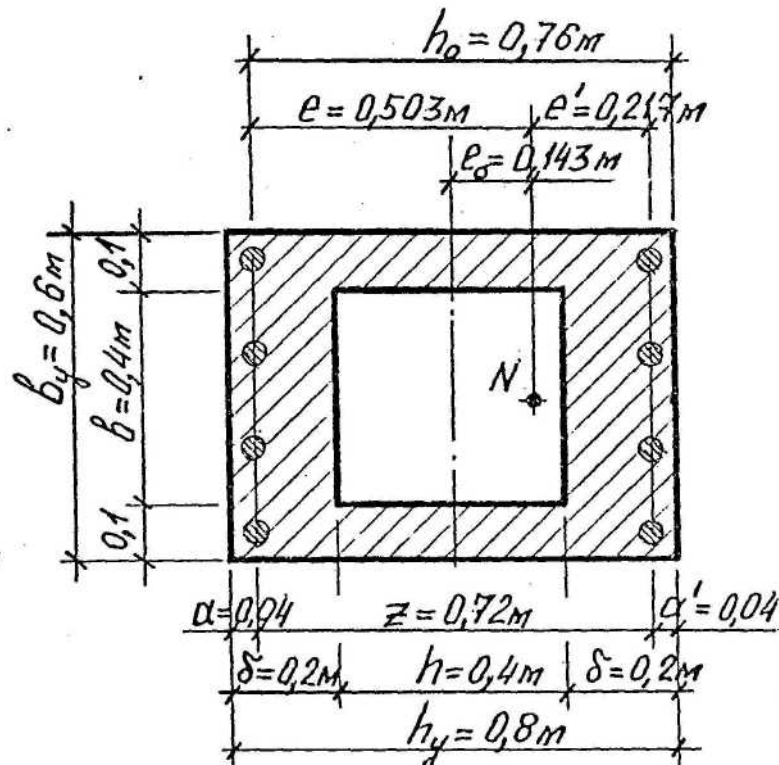
$$Q = 180 \text{ кН} < Q_0 = 841,5 \text{ кН}$$

Прочность сечения по поперечной силе обеспечена.

ПРИМЕР 5

При обследовании железобетонной колонны сечением 400×400 мм установлено, что категория ее технического состояния 5 (коэффициент условия работы

$K = 0,35$). Требуется произвести усиление конструкции. Усиление производим путем наращивания ее сечения бетоном марки М300 (класс В20) в плане с четырех сторон.



Характеристики существующей конструкции:

Марка бетона М300 (класс В20), $R_b = 11,5 \cdot 10^3$ кПа, $R_{bt} = 0,9 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.13).

Арматура у каждой грани рабочего сечения $4\varnothing 25$ А-III ($A_s = 19,63 \cdot 10^{-4}$ м²), $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа ([СНиП 2.03.01-84](#) табл.22).

Действующие внешние усилия $M = 200$ кН.м, $N = 1400$ кН.

Расчетная длина колонны $L_o = 6$ м.

Защитный слой бетона 0,025 м.

Расчет усиления производим без учета арматуры в существующей конструкции.

Рабочая арматура усиления $A_s = A'_s = 19,63 \cdot 10^{-4}$ м².

Высота сжатой зоны сечения

$$\begin{aligned}
 x &= (h_o - e) + \sqrt{(h_o - e)^2 + \frac{2R_s A_s e + R'_s A'_s e'}{e_y \cdot R_b}} = \\
 &= (0,76 - 0,503) + \\
 &+ \sqrt{(0,76 - 0,503)^2 + \frac{2 \cdot 365 \cdot 10^3 \cdot 19,63 \cdot 10^{-4} \cdot 0,503 - 365 \cdot 10^3 \cdot 19,63 \cdot 10^{-4} \cdot 0,217}{0,6 \cdot 11,5 \cdot 10^3}} = \\
 &= 0,641 \text{ м,}
 \end{aligned}$$

где

$$h_o = h_y - a = 0,8 - 0,04 = 0,76 \text{ м}$$

При симметричном армировании

$$a = a' = 0,04 \text{ м}$$

Эксцентриситет приложения нагрузки

$$e = e_o \eta + \frac{h_o - a'}{2} = 0,143 \cdot 1 + \frac{0,76 - 0,04}{2} = 0,503 \text{ м}$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{200}{1400} = 0,143 \text{ м};$$

при $\frac{L_o}{h_y} = \frac{6}{0,8} = 7,5 < 10 \quad \eta = 1$

Так как $e = 0,503 \text{ м} < h_o - a' = 0,76 - 0,04 = 0,72 \text{ м}$ - в подкоренном выражении принимается знак минус.

$$e' = h_y - a - e - a' = 0,8 - 0,04 - 0,503 - 0,04 = 0,217 \text{ м}$$

Так как $x = 0,641 \text{ м} > 0,55 \cdot h_o = 0,55 \cdot 0,76 = 0,418 \text{ м}$ несущая способность сечения определяется по формуле

$$\begin{aligned} N_o &= \frac{0,4R_g \cdot \sigma \cdot h_o^2 + R_s' A_s' z}{e} K = \\ &= \frac{0,4 \cdot 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,6 \cdot 0,76^2 + 365 \cdot 10^3 \cdot 19,63 \cdot 10^{-4} \cdot 0,73}{0,503} \cdot 0,35 = 1468,23 \text{ кН}, \end{aligned}$$

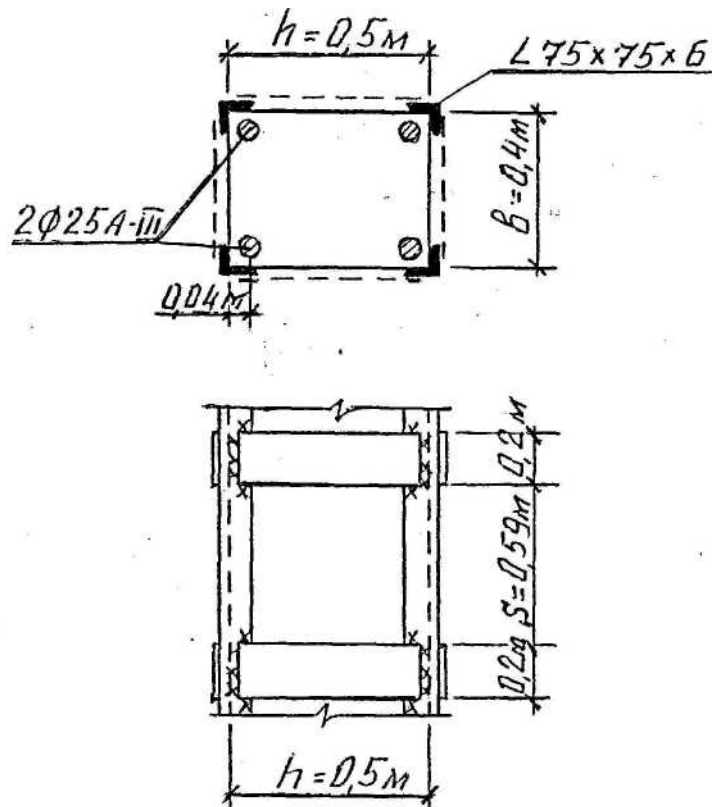
где $z = h_o - a' = 0,76 - 0,04 = 0,72 \text{ м}$

$$N_o = 1468,23 \text{ кН} > N = 1400 \text{ кН}$$

Условие удовлетворено.

ПРИМЕР 6

При обследовании железобетонной колонны сечением 400×500 мм установлено, что категория ее технического состояния 2 (коэффициент условия работы $K = 0,85$). Требуется произвести усиление конструкции в связи с увеличением нагрузки. Усиление производим путем устройства металлической обоймы из уголков $\angle 75 \times 75 \times 6$.



Характеристики существующей конструкции:

Высота колонны $L_o = 6$ м.

Бетон класса В20 ($R_g = 11,5 \cdot 10^3$ кПа).

Арматура 4Ø25 А-III ($A_s = A'_s = 9,82 \cdot 10^{-4}$ м²; $R_s = 365 \cdot 10^3$ кПа).

Расчетные усилия:

$N = 1200$ кН, $M = 240$ кН.м.

Требуется проверить прочность сечения.

Высота сжатой зоны

$$\begin{aligned}
 x &= (h_o - e) + \sqrt{(h_o - e)^2 + \frac{2R_s A_s e + R'_s A'_s e'}{b \cdot R_g}} = \\
 &= (0,46 - 0,452) + \\
 &+ \sqrt{(0,46 - 0,452)^2 + \frac{2 \cdot 365 \cdot 10^3 \cdot 9,82 \cdot 10^{-4} \cdot 0,452 + 365 \cdot 10^3 \cdot 9,82 \cdot 10^{-4} \cdot 0,032}{0,4 \cdot 11,5 \cdot 10^3}} = \\
 &= 0,28 \text{ м,}
 \end{aligned}$$

где

$$h_o = 0,5 - 0,04 = 0,46 \text{ м}$$

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{240}{1200} = 0,2 \text{ м}$$

при $\frac{L_o}{h_y} = \frac{6}{0,5} = 12$

$$n = \frac{N}{\sigma \cdot h \cdot R_g} = \frac{1200}{0,4 \cdot 0,5 \cdot 11,5 \cdot 10^3} = 0,5217$$

$$\eta = 1,21$$

$$e = e_o \eta + \frac{h_o - a}{2} = 0,2 \cdot 1,21 + \frac{0,46 - 0,04}{2} = 0,452 \text{ м}$$

$$e' = 0,452 - 0,42 = 0,032 \text{ м}$$

$$e = 0,452 \text{ м} > h_o - a' = 0,46 - 0,04 = 0,42 \text{ м}$$

При $x = 0,28 \text{ м} > 0,55 \cdot h_o = 0,55 \cdot 0,46 = 0,25 \text{ м}$

Условие удовлетворено.

Несущая способность сечения N_o определяется по формуле

$$N_o = \frac{0,4R_g \cdot \sigma \cdot h_o^2 + R'_s A'_s z}{e} K =$$

$$= \frac{0,4 \cdot 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,46^2 + 365 \cdot 10^3 \cdot 9,82 \cdot 10^{-4} \cdot 0,42}{0,452} \cdot 0,85 = 1015,3 \text{ кН}$$

Так как $N_o = 1015,3 \text{ кН} < N = 1200 \text{ кН}$, необходимо усиление сечения.

Усиление производим установкой уголков $\angle 75 \times 75 \times 6$ ($R_y = 230 \cdot 10^3 \text{ кПа}$, по [СНиП II-23-81](#)) с обрешеткой в виде металлических пластинок сечением $460 \times 200 \times 8 \text{ мм}$, расположенных по высоте на расстоянии (в свету) $S = 40i_{\min}$

$$S = 40 \cdot 1,48 = 59 \text{ см}$$

Усилие передаваемое на уголки, расположенные по одной стороне колонны

$$N_y = (N - N_o) \left(\frac{1}{2} \pm \frac{e_o}{h} \right)$$

Усилие сжатия

$$N_y = (1200 - 1015,3) \left(\frac{1}{2} + \frac{0,2}{0,5} \right) = 166,2 \text{ кН}$$

Усилие растяжения

$$N'_y = (1200 - 1015,3) \left(\frac{1}{2} - \frac{0,2}{0,5} \right) = 18,47 \text{ кН}$$

Необходимая площадь сечения уголка

$$A_n = \frac{N_y}{R_y \cdot \gamma_c \cdot 2} = \frac{166,2}{230 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 2} = 0,0004 \text{ м}^2 = 4 \text{ см}^2$$

Усилие, воспринимаемое уголками составит

$$N_{oy} = A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c = 2 \cdot 8,78 \cdot 10^{-4} \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 323,1 \text{ кН} > N_y = 166,2 \text{ кН}$$

Условие прочности выполнено.

4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ознакомление с основными приборами для измерений прогибов, перемещений, деформаций, для получения объективной информации о качестве материала и состоянии основных несущих конструкций при обследовании зданий (Согласно ГОСТ 22690.2-77, ГОСТ 22904-78 ГОСТ 17624-87.) представлены в таблице 4.1, 4.2.

Таблица 4.1

Обмерочные работы

Линейные измерения здания и конструкций		ГОСТ 26433.0 ГОСТ 26433.1	Рулетки металлические, штангенциркуль, микрометры, измеритель длины «БОШ DHS-20», лазерный дальномер «Disto-basic-set» и др.
7	Измерение вертикальных отметок и перемещения	ГОСТ 24846	Теодолиты Т-1, ЧТЗОП, нивелиры НВ-1, НО-5, НЗ, лазер «LM200», трехлучевой лазерный нивелир «PLS3-set»
8	Угловые отклонения	ГОСТ 24846	Теодолит Т-1, оптический квадрант КО-1, КО-1М, углономер «БОШ DNM-6»
9	Измерение прогибов		Миссуры, прогибомер П-1, уровни
10	Ширина и глубина раскрытия трещин		Микроскопы МИР-2, МПБ, щупы, лупы, ультразвуковые приборы УКБ-1, УК-10П,
Обследование несущих строительных конструкций			
11	Определение прочности материала железобетонных и каменных (кирпичных конструкций)	ГОСТ 22690	Склерометр КМ, молоток Кашкарова, молоток Физделя, ОНИКС-2.5, ОНИКС-2.6, молотки Шмидта РМ, ЛВ. Ультразвуковые приборы Бетон-12, Бетон-22, УКБ-1, УКБ-1М, УКБ-10П, УКБ-16П, УКБ-10ПМ, УК-ПМ, УК-14П, УК-1401. Пульсар 1.1., Пульсар 1.2
12	Определение прочности раствора в каменной кладке	ГОСТ 22640	Молоток Шмидта ЛВ, «ОНИКС-2.5» Пульсар 1.1.
13	Определение твердости и прочности металла		Твердомер ТЭМП-2
14	Расположение арматуры и определение толщины защитного слоя	ГОСТ 22904	Магнитные приборы ИЗС-10Н, ИЗС-2, ИПМ, ИСМ и др., «ПОИСК-2.5», «БОШ DMF-10»
15	Качество сварных швов	ГОСТ 3242	Дефектоскопы магнитографические, гаммаграфические, ультразвуковые
16	Коррозия строительных конструкций		Микроскопы, измерительные инструменты, индикаторы рН
17	Толщина и качество защитных покрытий		Толщиномеры ИТП-1, МТ-300, дефектоскопы ЛКД-1, ЛКД-2

Таблица 1

Измеряемые величины	Измерительные приборы и их обозначения	Цена деления шкалы прибора, мм	База l мм
Деформации растянутой арматуры	Тензомер Гугенбергера	0,001	10-20

Прогиб балки	Индикатор И-1	0,01	
Деформации бетона в сжатой зоне	Индикатор И-2 тензометры Гугенбергера	0,001	150
Деформации бетона в растянутой зоне	Индикатор И-3; И-4	0,001	150
Момент появления трещин и ширина их раскрытия	отсчётный микроскоп МПБ-2	0,05; 0,1	
Величина нагрузки	Манометр	По тарифовочному графику	

для получения объективной информации о качестве материала и состоянии основных несущих конструкций при обследовании зданий нашли применение технические средства инструментального контроля физических, механических и геометрических характеристик, приведенных в таб. 3.1.

Таблица 4.2. Средства неразрушающего контроля состояния конструкции

¹	Средства контроля	Контролируемые параметры	Принципы контроля Завод-изготовитель
Ударный метод			
1	Молоток Физделя	Прочность бетона, раствора, естественного камня, изверженных пород (гранит, сиенит, диабаз и пр.)	По тарифовочной кривой по среднему значению диаметра 10-12 отпечатков при ударе по поверхности конструкций. Точность $\pm 50\%$
2	Молоток Кашкарова	Тоже	По тарифовочной кривой по среднему значению отношений из 10-12 отпечатков на испытательном и эталонном материалах. Точность $\pm 70\%$
3	Пистолет ЦНИИ-СКа склерометр КМ, склерометр Шмидта	Тоже	По тарифовочной кривой по величине энергии отскока с начальной энергией 50 кг/см или 12,5 кг/см ² в зависимости от прочности испытываемого материала. Точность. $\pm 65\%$ ЭЗ ЦНИИСК
Метод вырыва			
4	Прибор ГПНВ-5	Прочность бетона и других связных каменных материалов	По усилию вырыва стержня из тела испытываемого материала по тарифовочной кривой определяется прочность бетона. Точность $\pm 65\%$ Промстройпроект
Метод контроля за трещинами			
5	Рычажный маяк	Скорость развития трещин	Поворот стрелки относительно шкалы благодаря двум сводным шарнирам по обе стороны трещин
6	Пластинчатый маяк	Скорость развития трещины	Смещение двух пластин относительно друг друга, закрепленных по обе стороны трещины
	Гипсовый маяк	Скорость развития трещины	Измерение раскрытия трещин через каждый месяц

Ультразвуковой метод			
7	Электронные приборы УКБ-1М, УК-14П Пульсар.1.1., Пульсар 1.2	Прочность материала; статический модуль упругости; размеры структурных дефектов (трещины, каверны и пр.)	Прочность определяется по тарировочной кривой «прочность-скорость распространения волн», «прочность - акустическое сопротивление». Точность $\pm 60\%$. Модули упругости определяются аналитически по значениям скоростей распространения волн. Наличие дефектов и габариты устанавливаются по изменению скорости распространения волн
Магнитный метод			
10	Магнитометрические приборы ИМП (измеритель магнитной проницаемости), ИПА (измеритель параметров аппаратуры), ИНТ-М2 (измеритель напряжений и трещин)	Размещение арматуры в каменных и железобетонных конструкциях, толщины защитного слоя, напряженное состояние арматуры	По отклонению стрелки амперметра со специальной градуировкой при перемещении по поверхности конструкций фиксируется расположение арматуры (ИМП). Измерение толщины защитного слоя основано на изменении магнитного сопротивления датчика при нахождении его вблизи арматурного стержня (ИПА). (Точность до 1 мм). Измерение напряжений в металле основано на зависимости магнитной проницаемости от величины максимальных напряжений (ИНТ-М2. Точность $\pm 2\%$)
Геодезический метод			
15	Прогибомеры Максимова, Аистова, ЛИСИ, Муссуры	Местные деформации конструкций сдвиги и повороты в узлах конструкций	Деформации определяются в результате перемещения подвижного стержня прибора относительно неподвижного при плотном их прижиге к поверхности конструкции
16	Проволочные тензометры сопротивления	Местные деформации	Деформации определяются по изменению сопротивления проводников, наклеенных на поверхность конструкций, при их сжатии или растяжении
17	Нивелиры НА-1, с оптической насадкой	Измерение абсолютных осадок зданий и сооружений	Нивелирование с постоянной точки при перемещении геодезической рейки. Средняя квадратичная ошибка ± 1 мм ($\pm 0,3$ мм для нивелиров с оптической насадкой)
19	Нивелир Н-1, Н-3, Теодолит 1-2, Клинометры КП-2	Измерение кранов сооружения	Способность измерения горизонтальных углов. Точность $\pm 5-10$

5. ПРИМЕРЫ РАБОТ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

РАБОТА №1 Построение тарировочного графика определения прочности для молотка Кашкарова по ГОСТ 22690.2-77.

Изучение методики построения тарировочных графиков прочности неразрушающими методами для молотка Кашкарова по ГОСТ 22690.2-77.

При неразрушающем контроле прочности, в зависимости от применяемого метода могут быть получены следующие косвенные показатели (КП):

- - соотношение диаметров отпечатка на бетоне и эталонном стержне $H-R_{сж}$
- Тарировочные зависимости строят путём параллельных испытаний образцов вначале неразрушающими методами, а затем на прессе до разрушения (ГОСТ 10180-78)

Для испытания применяют специальный молоток с шариком диаметром 15.88 мм с одной стороны и вставленным в прорезь эталонным стержнем из прутковой стали класса А-I диаметром 10 мм $\sigma_b = 420-460$ МПа., заострённым с одной стороны .

Для построения градуировочной зависимости для различных классов (марок) бетона берутся образцы-кубы со стороной 150 или 100 мм. Количество серий образцов кубов принимается не менее 16. При этом они должны иметь одинаковый состав, время и условия твердения, что и контролируемое изделие (балка, плита, колонна и. т. д.).

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. -Установить молоток Кашкарова шариком на бумагу с копиркой в выбранное место образца-кубика и нанести удар слесарным молотком по головке молотка Кашкарова. (расстояние от точек до ребра образца должно быть не менее 30-35 мм, чтобы не было скола угла кубика). В результате удара образуется лунка на поверхности бетона $-d_6$ и на эталонном стержне $-d_3$.
2. Измерить штангенциркулем или с помощью углового масштаба диаметры полученных отпечатков на бумаге $-d_6$ (на бетоне) с точностью до 0.1 мм.
3. Измерить штангенциркулем или с помощью углового масштаба больший диаметр полученного отпечатка (эллипса) на эталонном стержне. $-d_3$ (измеряют с точностью до 0.1 мм). Вычислить отношение d_6 / d_3
4. Передвинуть после удара эталонный стержень на 15 мм в стакане молотка Кашкарова и выполнить удар на следующем выбранном месте бетона (предварительно установив бумагу с копиркой). Передвигать следует после каждого удара.
5. Данные измерений полученных диаметров $-d_6$ и d_3 занести в журнал испытаний - таблицу № 1. Следует произвести не менее 10 ударов на разных гранях кубика, (**предварительно прозвучить прибором УК-14П**).
6. Выполнить испытание образца -куба на сжатие $R_{сж} (R_i)$ на прессе ПСУ-125 до разрушения
7. Полученное значение разрушающей нагрузки в кгс (кн) занести в таблицу № 2, вычислить кубиковую прочность (МПа).
8. Выполнить статистическую обработку результатов для получения тарировочной зависимости вида $R^p = a_0 + a_1 / N$. Рекомендуется расчет вести в табличной форме (число пар “ $N_i - R_{сж}$ ” для выполнения лабораторной работы принять равным 10).
9. Построить график тарировочной зависимости по данным 2 и 9 колонкам таблицы № 3 и **нанести** на него данные 3 колонки, выполнить отбраковку результатов.
- 10.

Рекомендации по статистической обработке результатов.

- -Данные вычислений средних отношений d_6/d_3 (H_i) и механических испытаний R_i (R_{cp} для куба) занести в 1 ю строчку (колонки 2 и 3) таблицы № 3
- Вторую и последующие строчки (всего их 10) занести рекомендуемые данные из таблицы приложения 1 (по номеру своей бригады).
- -Выполнить расчёты коэффициентов a_0 и a_1 ,
- -Вычислить среднее квадратическое отклонение и оценить полученную зависимость.
-

Выполнение работы:

Табл №1

Журнал испытаний молотком Кашкарова одного куба (пример)

№ удара	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_6 (мм)	5.6	4.8	5.5	5.8	6.0	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0
d_3 (мм)	3,3	3,4	3,5	3,8	4,3	4,6	4,5	4,4	4,3	4,4
$H = \Sigma d_6 / \Sigma d_3$	$58,2 / 40,5 = 1,437$									

После заполнения таблицы 2.1 кубик испытывается на прессе до разрушения. Результаты испытания куба на прессе заносятся в таблицу 2.

Табл 2

Журнал испытания кубов на прессе (пример).

№ пп куба	Разрушающая сила F (кг)	Площадь сечения A (см ²)	Кубиковая прочность $R_i = F/A$ (кг/см ²) МПа
1	2	3	4
1	35400	10x10,8	327,8 (32,78)

Средняя величина кубиковой прочности бетона $R_{cp} = R_i \cdot k$ Мпа,

где $k = 0,91$ — коэффициент перехода к прочности стандартных кубов с ребром 150 мм;

-Данные вычислений средних отношений $H_i = \Sigma d_6 / \Sigma d_3$ и механических испытаний кубов R_i – для одного куба заносятся в таблицу № 3 (1я строчка).

Табл 3

Расчётная таблица градуировочной зависимости.

№ Куба n	H_i	R_i МПа	$Z_i = 1/H$	$(R_i - R^{cp})$ МПа	$(Z_i - Z^{cp})$	$(R_i - R^{cp}) \cdot (Z_i - Z^{cp})$ МПа	$(Z_i - Z^{cp})^2$	R_i^p по (6й) формуле МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
10								
		$R_{cp} =$	$Z_{cp} =$			$\Sigma =$	$\Sigma =$	

$$R_{cp} = \sum Ri / n, \quad Z_{cp} = \sum Zi / n$$

Уравнение универсальной тарировочной зависимости $R-f(H)$ (уравнение гиперболы) имеет вид:

$$R^p = a_0 + a_1 / H; \quad 1$$

Для преобразования этого уравнения в уравнение линейного вида

$$R^p = a_0 + a_1 Z \quad (2)$$

(для удобства последующих вычислений), вводим переменную $Z=1/H$,

где $-H$ - средне-арифметическое отношение диаметров полученных отпечатков.

Математическая обработка полученных экспериментальных данных во 2й и 3й колонках таблицы № 3 позволяет вычислить коэффициенты a_0 и a_1 .

Для определения коэффициентов a_0 и a_1 могут быть использованы следующие формулы

$$a_1 = \left[\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_{cp})(R_i - R^{cp}) / \left[\sum_{i=1}^n (Z_i - Z_{cp})^2 \right] \right] \quad (3).$$

т.е. сумму расчётных данных 7й колонки разделить на сумму 8й.

$$a_0 = R^{cp} - a_1 Z^{cp} \quad (4).$$

где R^{cp} ; $-Z^{cp}$ сумма соответственно 3й и 4й колонки

Вычисленные коэффициенты подставляются в уравнение

$$R^{расч} = a_0 + a_1 \cdot Z \quad (5)$$

Делая обратную подстановку $Z=1/H$ получаем уравнение гиперболы (расчетную формулу)

$$R^{расч} = a_0 + a_1 / H_i; \quad (\text{например } R^p_i = 920 / H_i - 310) \quad (6)$$

Подставить в найденную зависимость (6) вычисленные средние значения H_i для серий кубов и вычислить R^p_i . Результаты расчетов занести в 9ю колонку.

Используя данные 2 и 9 колонки построить график тарировочной зависимости прочности бетона $R_{сж}$ от соотношения диаметров отпечатка на бетоне и эталонном стержне H_i .

После построения на миллиметровке градуировочной зависимости определяют её среднее квадратическое отклонение S_T по формуле

$$S_T = \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_i - R_i^p)^2 / (N - 2)} \quad (5).$$

и корректируют её, путём отбраковки средних результатов серий не удовлетворяющих условию

$$(R^p_i - R_i) / S_T \leq 2 \quad (6).$$

Те пары единичных значений, $R_i - H_i$, которые не удовлетворяют этому условию отбрасывают и градуировочную зависимость рассчитывают заново.

Полученную зависимость оценивают по среднеквадратическому отклонению, которое не должно превышать **12 %** т.е.

$$S_T / R_i \cdot 100\% \leq 12\% \quad (7).$$

Если это условие выполняется, то этой зависимостью можно пользоваться для определения прочности в конструкциях.

Вопросы для закрепления материала:

1. Из какой стали выполняют и для чего нужен эталонный стержень.
2. Как получить отпечаток на бетоне.
3. Зачем передвигать эталонный стержень после удара.
4. В каких местах куба нельзя проводить испытания.

Варианты заданий для математической обработки результатов экспериментальных исследований.

Бригада 1		Бригада 2		Бригада 3		Бригада 4		Бригада 5		Бригада 6	
Н _і	Р _і МПа	Н _і	Р МПа	Н _і	Р МПа	Н _і	Р МПа	Н _і	Р МПа	Н _і	Р МПа
3.0	3.2	2,5	8.5	2,62	7.4	2,60	7.5	2,6	7.8	1.1	55
2.9	4.4	2,70	6.5	1.9	16	2,70	6.5	2,70	6.5	1.16	51
1.1	56	1.12	55	2,80	5.5	1.12	54.5	2,80	5.5	2,80	5.5
1.18	50	2,84	5.0	1.8	17	2,84	5.0	1.66	20	2,84	5.0
1.2	47	2,90	4.4	2,90	4.4	2,90	4.4	2,90	4.4	2,90	4.4
1.24	48	1.18	49	1.6	23	1.2	47	1.56	23	1.5	26
1.5	25	1.62	20	1.5	26	1.16	50	1.1	55.5	1.6	22
1.6	22	1.7	19	1.2	47	1.7	19	1.14	53	1.7	19
2.1	13.5	1.86	16	1.1	56	1.58	23	1.24	44	1.8	17

РАБОТА №2 Построение тарировочного графика определения прочности неразрушающими методами прибором УК-14П по ГОСТ 17624-87 .

Определение прочности бетона **неразрушающими методами** осуществляется на основе зависимости между акустическими и механическими характеристиками бетона. Использование такой зависимости регламентировано ГОСТ 17624 —87 “ Бетоны тяжелые и легкие. Ультразвуковой метод определения прочности”.

Надежную корреляцию “ **прочность — скорость**” можно наблюдать только для определенного состава бетона. Тарировочная зависимость является результатом параллельно проводимых ультразвуковых и механических испытаний на образцах- кубах. Берется не менее 48 образцов кубов (не менее 16 серий) с длиной ребер 0,15 м или (0.1x0.1).

В данной работе число

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Измерить, взвесить, подготовленные кубы
2. Установить датчики “соосно” с 2 противоположных сторон куба, снять по прибору УК-14П значение времени прохождения ультразвуковых волн через куб при сквозном прозвучивании на трех уровнях по диагонали (верхний угол, середина, нижний угол куба(по двум противоположным граням прозвучить в 6-8 местах).
3. Записать в таблицу № 1 **наименьшее**, установившееся по прибору УК-14П, время прохождения ультразвука через куб (для соответствующей базы). Отклонения от среднего значения данных времени распространения ультразвука на всех уровнях по одному кубу не должны превышать 5%.
4. Измерить “базу” (расстояние между осями датчиков).

5. Вычислить скорость ультразвука по формуле

$$V = \frac{l}{t - \Delta t}, \text{ где}$$

l — база прозвучивания (расстояние между осями датчиков)

t — время прохождения ультразвука через материал (бетон, кирпич, дерево).

Δt — поправка в определении времени за счет прохождения сигнала через коаксиальные кабели и элементы преобразователей (определяется при поверке прибора $\Delta t = 0,6$).

6. Испытать образцы -кубы на прессе до разрушения, с целью определения прочности материала на сжатие $R_{сж}$ (R_i), Данные механических испытаний определения $R_{сж}$ (R_i кубов) занести в таблицу № 1

Примечание: (предварительно простучать куб молотком Кашкарова смотри работу № 1)

7. Полученное значение разрушающей нагрузки в кгс (кН) занести в таблицу № 2, определить кубиковую прочность (МПа).

8. Выполнить статистическую обработку результатов для получения тарировочной зависимости вида $R^{pac} = a_0 + a_1 V$. Рекомендуется расчет вести в табличной форме (таблица № 3), где число пар «скорость-прочность» " $V_i - R_{ср}$ " для выполнения лабораторной работы принять равным 10).

9. Построить на миллиметровке график тарировочной зависимости по данным 3 и 8 колонкам таблицы № 3 и **нанести** на него данные 2 колонки.

10. Выполнить отбраковку результатов (в случае необходимости).

Табл 1

Журнал ультразвуковых испытаний куба.

Дата изготовления Плотность кг/см ³	Номер точки зондирования	База прозвучивания, L мм	Время, прох ультразвука t мс	Скорость ультразвука V км/с	Средняя скорость ультразвука $V_{ср}$ км/с
1	2	3	4	5	6
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

Табл 2

Журнал испытания куба на прессе.

№ пп куба	Разрушающая сила F (кг)	Площадь сечения A (см ²)	Кубиковая прочность $R_i = F/A$ (кг/см ²) МПа
1	2	3	4

Расчётная таблица градуировочной зависимости

№ Куба n	R_i кг./см ²	V_i км/с	$(R_i - R^{cp})$ кг.см ²	$(V_i - V^{cp})$	$(R_i - R^{cp}) \times$ $(V_i - V^{cp})$ кг./см ²	$(V_i - V^{cp})^2$	R''_i по (1й) формуле кг/см ²
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
9							
10							

$$R_{cp} = \quad V_{cp} = \quad \Sigma = \quad \Sigma =$$

где средне-арифметическая прочность и скорость (см. колонку 2 и 3) равны:

$$R_{cp} = \Sigma R_i / n, \quad V_{cp} = \Sigma V_i / n$$

Рекомендации по статистической обработке результатов.

- Полученные экспериментальные данные ультразвукового зондирования каждого куба V_i и данные механических испытаний определения $R_{сж}$ (R_i кубов) заносятся в первую строчку таблицы № 3 (колонка 2 и 3 данные V_i и R_i).
- Вторую и последующие строчки (9 пар V_i и R_i , всего их 10) занести из рекомендуемых данных таблицы приложения 2 по номеру своей бригады.

Уравнение **тарировочной** зависимости $R'' - f(V)$ в общем виде:

$$R'' = a_0 + a_1 V: \quad (1)$$

Математическая обработка, полученных во 2й и 3й колонках таблицы № 3 экспериментальных данных, позволяет вычислить коэффициенты a_0 и a_1

Так для определения коэффициента a_1

$$a_1 = \left[\sum_{i=1}^n (V_i - V^{cp})(R_i - R^{cp}) / \left[\sum_{i=1}^n (V_i - V^{cp})^2 \right] \right] \quad (2)$$

необходимо сумму расчётных данных 6й колонки разделить на сумму 7й.

Для вычисления коэффициента a_0 подставляются соответственно сумма 2й и 3й колонки

$$a_0 = R^{cp} - a_1 V^{cp} \quad (3).$$

Вычисленные коэффициенты подставляются в уравнение общего вида (1) и получают искомую тарировочную зависимость. например $R'' = 25,8 V - 72$

Подставив V_i в найденную тарировочную зависимость (1), рассчитывают

R''_i и заносят полученные значения в 8ю колонку таблицы № 3

После построения на миллиметровке градуировочной зависимости определяют её среднее квадратическое отклонение S_T по формуле:

$$S_T = \sqrt{\sum_{i=1}^N (R_i - R_i^p)^2 / (N - 2)} \quad (4).$$

и корректируют её путём отбраковки средних результатов серий неудовлетворяющих условию

$$(R_i^p - R_i) / S_T \leq 2 \quad (5).$$

Те пары единичных значений, " $V_i - R_i$ " которые не удовлетворяют этому условию отбрасывают и градуировочную зависимость рассчитывают заново.

Полученную зависимость оценивают по среднеквадратическому отклонению, которое не должно превышать **12 %** т.е.

$$S_T / R_i \cdot 100\% \leq 12\% \quad (6).$$

Если это условие выполняется, то этой зависимостью можно пользоваться для определения прочности в конструкциях.

Вопросы для закрепления материала:

1. Как определить время ультразвуковых колебаний. Как определить скорость ультразвуковых колебаний.
2. Что понимается под базой прозвучивания.
3. Как определить $R_{сж}$ для образца механическим способом.
4. Какие результаты отбрасываются. Как определить погрешность полученной зависимости
5. Критерии пользования полученной зависимостью

Приложение 2

Варианты заданий для математической обработки результатов экспериментальных исследований.

Бригада 1		Бригада 2		Бригада 3		Бригада 4		Бригада 5		Бригада 6	
Vcp	Ri МПа	Vcp	R МПа	Vcp	R МПа	Vcp	R МПа	Vcp	R МПа	Vcp	R МПа
3.9	14,1	4.5	34,2	3.9	13,3	4.1	18,4	4.35	26,5	4.2	22,8
3.75	15,1	4.4	29,2	3.6	10,3	4.4	28,4	4.0	15,6	3.9	14,6
4.5	36,1	4.1	18,2	3.5	8,3	3.0	6,4	3.9	14,5	3.6	10,6
3.4	8,2	3.9	15,2	3.8	12,4	3.52	10,4	3.75	12,0	3.5	8,4
3	6,1	3.6	8,2	4.0	16,3	3.6	10,7	3.6	10,5	4.4	28,0
3.52	10,8	4.25	23,5	4.1	17,5	3.5	8,4	3.5	8,4	3,0	6,8
4.1	18,8	4.35	26,6	4.2	22,0	4.4	28,0	4.4	28,0	3.52	10,6
4.4	28,1	4.9	15,6	3.9	14,0	4.5	36,0	4.1	18,0	3.5	8,4
4.47	31,0	3.9	13,2	4.2	23,3	3.4	8,4	3.9	15,5	3.8	12,6

Работа 3

РАБОТА №3,1 Определение глубины трещины в бетоне (ж/бетоне).

Испытания проводятся на небольших железобетонных балках с искусственной поперечной трещиной (рис2).

Порядок выполнения работы.

1. Подготовить поверхность бетона балки, наметить базы прозвучивания произвольной величины (15 - 20 см) на участках балки без трещины и с трещиной.
2. Установить датчики и прозвучить способом продольного профилирования (датчики располагаются с одной стороны), снять показания прибора t время (mks) на участке с трещиной и без.
3. Вычислить скорость при поверхностном прозвучивании на участке без трещины.

$$V_i(\text{пов}) = Li / t$$

Расположение датчиков показано на рисунке 3.1

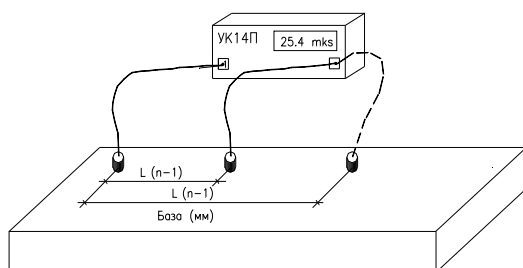


Рис. 3.1 Измерение времени прохождения УЗК на участке с трещиной и без трещины. Глубина трещины вычисляется по формуле:

$$h = \frac{V}{2} \times \sqrt{t_T^2 - t^2}, \text{ мм}$$

Где V — скорость распространения ультразвука в бетоне испытываемого элемента, км/сек. ;

t_T — время прохождения ультразвука на базе “L” с трещиной, мксек.;

t — время прохождения ультразвука на базе “L” без трещины, мксек.

Величины t и t_T определяют в нескольких точках по сечению элемента, что позволяет получить усредненные данные, а также характер изменения глубины трещины по сечению балки. Результаты испытаний записываются в таблицу № 3.1

Табл № 3.1

Журнал испытаний (Пример)

№№ точек изм.	База l мм	Время прохождения УЗК на базе “Г”, мксек				$\sqrt{t_T^2 - t^2}$	V км/сек.	h мм
		Участок без трещ.		с трещиной				
		t	t ²	t _T	t _T ²			
1	100	43,9	1927,2	164,1	26928,8	158,12	2,3	181,84
2	100	54	2916	238,1	56691,6	231,89	1,85	214,5
3	100	74,5	5550,25	147,1	21638,4	126,84	1,34	84,98

РАБОТА №3,2 Определение переходного коэффициента K_n

При прозвучивании часто требуется оценить прочность конструкции большой протяжённости. (например плиты-перегородки) При этом доступ к конструкции имеется только с одной стороны. Для прозвучивания таких конструкций используют способ поверхностного прозвучивания, или продольного профилирования Прочность вычисляют с учётом найденного переходного коэффициента по зависимости **скорость-прочность**, принимая $V = K_n \cdot V_{пов}$.

Порядок выполнения работы:

1. Подготовить поверхность бетона балки,
2. Провести линию вдоль направления прозвучивания и сделать отметки базы через 5-10см для установки датчика излучателя и приёмника способом продольного профилирования (с одной стороны)
3. Установить датчики на первую позицию снять показания прибора t (mks)
4. Вычислить скорость при поверхностном прозвучивании.

$$V_i(\text{пов}) = L_i / t$$

5. Установить датчики соосно с двух сторон балки, зафиксировать t время прохождения УЗК при сквозном прозвучивании и вычислить V - скорость прохождения УЗК при сквозном прозвучивании
6. Прозвучивание выполняют в различных местах при поверхностном и сквозном способах прозвучивании (не менее 5-6 мест)

Переходной коэффициент $K_{п}$ от **поверхностного** прозвучивания к **сквозному** вычисляется табличным способом (см таблицу №1).

$$K_{п} = V_{(средн)}^{скв} / V_{(средн)}^{пов} \quad \text{где}$$

$V_{(средн)}^{скв}$; и $V_{(средн)}^{пов}$ - вычисленная средняя скорость соответственно при сквозном и поверхностном прозвучивании.

Табл № 3.2.1

Журнал испытаний (пример)

№ измерения	База прозвучивания (мм)	Время прохождения УЗК (мс)	скорость прохождения V поверхн УЗК (км/сек)		скорость прохождения V сквоз УЗК (км/сек)		$K_{п} = V_{ск} / V_{пов}$
			расчётн	средняя	расчётн	средняя	
1	100	39	2,56	2,4326			1,709
2	100	41,1	2,433				
3	100	43,9	2,28				
4	100	37,9	2,64				
5	100	44,5	2,25				
1	80	19,1			4,188	4,158	
2	80	20,5			3,902		
3	80	19,1			4,188		
4	80	18,5			4,324		
5	80	19,1			4,188		

Вопросы:

1. Как вычислить скорость при поверхностном прозвучивании (для одного измерения).
2. Как определить скорость при сквозном прозвучивании (для одного измерения).
3. Как вычислить переходной коэффициент $K_{п}$
4. Для чего вычисляется переходной коэффициент.

РАБОТА №3.3 Определение динамического модуля упругости тяжелого бетона, легкого бетона, пенобетона, силикатного кирпича.

Скорость распространения ультразвуковых колебаний функционально связана с модулем упругости E , плотностью среды и коэффициентом Пуассона μ :

$$V = f(E, \mu, \rho)$$

Параметры упругости, полученные с помощью ультразвукового импульсного метода, являются динамическими, так как они получены при деформировании среды волнами напряжений, распространяющимися со звуковыми скоростями. Статический модуль упругости всегда ниже динамического и различие может быть более 10%.

Наиболее простой случай определения $E_{дин}$ будет тогда, когда прозвучиваемый элемент по соотношению своих геометрических размеров может быть принят за стержень. Если наименьший поперечный размер образца a и его длина волны λ находятся в соотношении $\frac{a}{2\lambda} \leq \frac{1}{5}$, то измерение скорости ультразвука производится в одномерной среде и справедлива формула

$$E_{дин} = V^2 \rho / g \cdot 10^{-4} \text{ (кгс/см}^2\text{)}$$

где V - скорость УЗК (м / сек); $V = l (10^3) / t$ (м / сек),
 где l - база (расстояние между центрами датчиков) в мм,
 t - время прохождения ультразвука через образец в мкс,
 ρ - объёмный вес материала кгс/м³;
 $g = 9.81$ м/сек²

В других случаях для получения $E_{дин}$ требуется выполнить дополнительные испытания. Статический модуль рассчитывается по эмпирической формуле:

$$E_{ст} = E_{дин} \left[1 - 0.15 \left(\frac{\sigma - 40}{100} \right) \right], \text{ где } \sigma \text{ принять равным } 80 \text{ кг/см}^2$$

Порядок выполнения работы:

1. Для выполнения работы взять: а) бетонный кубик размерами 10x10x10 из тяжелого бетона, б) кубик размерами 10x10x10 лёгкого бетона, с) образец силикатного кирпича.
2. Взвесить и определить объёмный вес каждого образца в зависимости от материала и геометрической формы изделия.
3. Определить с помощью прибора УК-14П время прохождения УЗК (в 6 точках), определить среднее для каждого образца.
4. Вычислить скорость ультразвука исследуемого образца (в 6 точках), среднее значение $V_{ср}$ для каждого образца;
5. Вычислить значение динамического модуля упругости, статического.
6. Данные ультразвукового зондирования и выполненные вычисления записать в таблицу 3.3.1.

Табл. 3.3.1.

Журнал испытаний элементов

Название образца	№ измерений	Объёмный вес	База прозвучивания, м	Время t мкс	Скорость ультразвука, км/сек	Средняя скорость км/сек	Динамический модуль $E_{дин}$ кг/см ² (МПа)
Тяжелый бетон	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

	6						
Силикат- ный кир- пич	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
Пенобетон	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						

Вопросы:

1. В чем заключается физический принцип контроля прочности бетона ультразвуковым методом?
2. Объяснить сущность явления пьезоэффекта и принцип действия пьезопреобразователя.
3. Назвать области применения ультразвуковых методов.
4. Как осуществляется контакт пьезопреобразователя с поверхностью бетона?
5. Какие частоты применяются при ультразвуковом контроле качества бетона?
6. Каков порядок проведения ультразвуковых испытаний балок, плит покрытий, колонн.

Работа 4

Выявление скрытых дефектов в бетонных и железобетонных конструкциях ультразвуковым методом.

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен ознакомиться со способами выявления дефектов и определения их ориентировочных размеров непосредственно в элементах конструкций с помощью ультразвукового прибора УК-14П

РАБОТА №4.1 Определение наличия дефектов в конструкциях методом сквозного прозвучивания.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из ультразвукового прибора **УК-14П** (или прибора УКБ — 1 М) и бетонных образцов в виде плиты со специально изготовленным внутренним дефектом. Схема установки представлена на рисунке 4.1

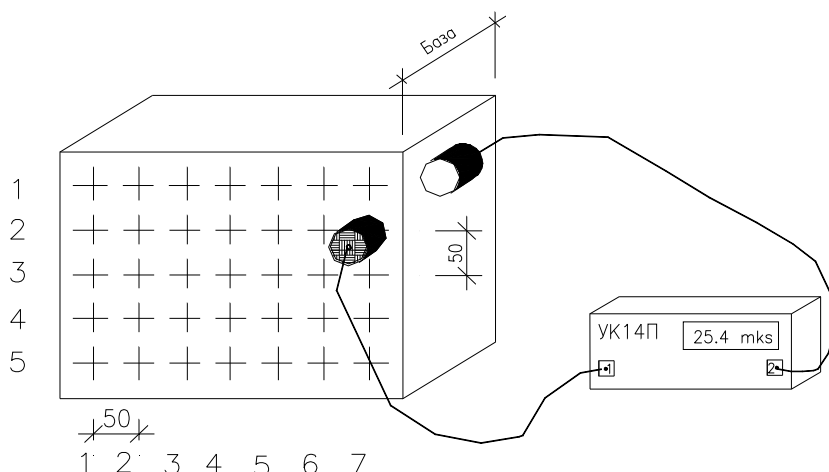


Рис. 4.1 Установка датчиков (излучателя и приемника сигналов) прибора УК-14П для выполнения дефектоскопии бетонного образца.

Приборы УК-14П или УКБ—1М позволяют определять время распространения ультразвука в бетоне на базах от 10 см до 5 м при погрешности 12%. Точность отсчета времени $\pm 0,1$ мкс. Частота ультразвуковых колебаний пьезопреобразователей 25; 60; 100, 150 кГц. Питание прибора как от сети переменного тока напряжением 220 В, так и от 6 элементов типа 343.

При всех измерениях на образцах и конструкциях должен быть хороший “акустический” контакт преобразователей (щупов) с поверхностью бетона. Контакт осуществляется через тонкий слой вязкой смазки (пластилин, солидол, технический вазелин и др.). Неровности поверхности бетона предварительно выравнивают до $\pm 0,1$ мм.

Ультразвуковые измерения должны производиться в направлении, перпендикулярном направлению укладки бетонной смеси. Преобразователи прижимаются к исследуемому образцу или конструкции с силой 10-12 кг.

Для прибора УК-14П время прохождения ультразвука определяется по цифровой шкале (принимается меньшее значение из 3х значений).

Порядок выполнения работы:

1. На две противоположные плоскости плиты нанести линии прямоугольной координатной сетки с шагом 50 мм;
2. В узлы пересечения горизонталей и вертикалей (см. рис. 4.1) **соосно** установить датчики и записать в таблицу 1 журнала испытаний минимальное установившееся время прохождения УЗК, (по шкале прибора УК-14П).
3. Вычислить и занести в журнал испытаний скорости V (км/с) $= \ell(\text{мм}) / t(\mu\text{сек})$ для прозвученных точек.
4. Нарисовать на миллиметровке в приемлемом масштабе координатную сетку. В узлы полученной сетки проставить значения вычисленных скоростей.
5. Получить поле скоростей, соединив точки равных скоростей, кратные **0.2** или **0.3 км/сек** плавной линией (проведя интерполяцию принятую в геодезии).
6. Изобразить диаграмму скоростей по сечению плиты А — А. (по предполагаемому дефекту).
7. Произвести выявление дефекта в бетонной плите методом сквозного прозвучивания более детально.

8. Выполнить привязку дефекта к крайним горизонталям и вертикалям (показать размеры предполагаемого дефекта).

Табл № 4.1

Журнал испытаний бетонной плиты с дефектом

№ горизонтали	№ вертикальных линий					
	1	2	3	4	5	6
1	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=
2	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=
3	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=
4	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=
5	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=	t= v=

Вопросы для проверки:

1. Как правильно устанавливаются датчики при продольном профилировании.
2. Какой вид имеет поле скоростей.
3. Как определить, что это дефектная зона.

РАБОТА №4.2 Определение наличия дефектов в конструкциях методом поверхностного прозвучивания.

Испытания проводятся на плите предыдущей работы (с внутренним дефектом). Прозвучивание осуществляется прибором УК-14П. по горизонтали, предварительно определив наличие дефекта. Применяется схема продольного профилирования, когда датчики располагаются по одной стороне поверхности плиты (рис. 4).

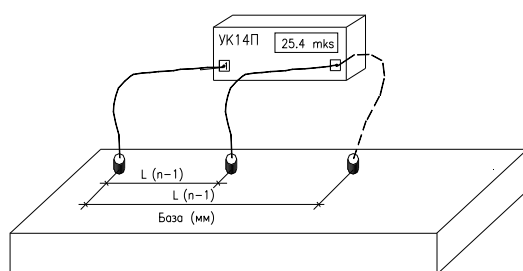


Рис. 4 Установка датчиков при продольном профилировании.

Порядок выполнения работы:

1. Наносится ось продольного профилирования испытываемого образца. Рекомендуется назначить горизонтальные оси (по длинной стороне плиты) для установки датчиков:
 - где находится дефект,
 - выше по горизонтали и ниже по горизонтали.
2. Через определенные расстояния (не менее 5 см) наносятся места установки датчика - приемника.

3. Установить датчик излучатель по горизонтали на крайнюю позицию. Установить датчик приемник на расстояние 50 мм. По шкале прибора взять отсчет.
4. Передвинуть датчик приемник на следующую позицию, не сдвигая датчик излучатель, на расстояние 100мм, 150мм и т.д.
5. В каждом новом положении датчика -приемника по отношению к датчику -излучателю берется отсчет времени распространения УЗК по шкале прибора.
6. Провести измерение времени по другим осям.
7. Результаты занести в таблицу № 4.2
8. Построить график “t — x”. Выпадающие на графике точки указывают на наличие дефекта на данном участке.

Таблица. 4.2.1

Пример заполнения журнала (Пример)

№№ осей (створов)	“t” Время прохождения УЗВ в мсек. при базе прозвучивания в мм						При- меч.
	x ₁ =50	x ₂ =100	x ₃ =250	x ₄ =300	x ₅ =350	x ₆ =400	
1	57,5	115,1	276,1	578,9	843,5	500,9	
2	45,5	120,9	207,9	576	431	758,9	
3	37	86,9	101,8	279,9	373	166,9	

Для уточнения границ дефекта испытываемый образец прозвучивается по нескольким продольным осям, а в районе расположения дефекта измерения производятся в дополнительных точках

Работа № 5

Ознакомление с магнитным методом согласно ГОСТ 22904-78 “Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры”

Общие сведения:

Магнитный метод основан на изменении магнитного поля преобразователя при приближении датчика к арматуре, в результате чего показания стрелочного прибора ИЗС-10Н резко уменьшаются.

Используется прибор ИЗС-10Н в следующих работах:

- Изучение методики построения градуировочной зависимости для арматурных стержней диаметром от 4-до32 мм согласно ГОСТ 22904-78 с помощью прибора ИЗС-10Н.
- -Контроль расположения арматуры в конструкциях (плита) и величины защитного слоя.
- Определение диаметра арматуры в конструкции.

РАБОТА №5.1 Построения градуировочной зависимости для арматурных стержней

Порядок выполнения работы:

Градуировочную зависимость устанавливают для каждого арматурного стержня (d=8mm; d=10mm; d=12mm; d=18mm; d=20mm) отдельно в следующей последовательности:

1. Измерить штангенциркулем толщину каждой из димагнитных пластин выполненных из органического стекла. Полученные данные записать в таблицу № 1.

2. Измерить штангенциркулем диаметр арматуры и записать в таблицу № 1.
3. На приборе ИЗС-10Н установить указатель диаметров на измеренный штангенциркулем диаметр арматурного стержня (6мм, 8мм, 10мм, 12мм, 18мм, 25мм. и т.д. выполняется при смене стержня). Установить переключатель на соответствующий диаметр
4. Поднять вверх преобразователь-датчик (удалить датчик от металлических предметов) и стрелку прибора ИЗС-10Н резистором (установка чувствительности) и выставить на 60 делений (по верхней шкале). Выполнять данную работу по установке чувствительности по верхней шкале для наименьшего диаметра и остальных стержней
5. Установить на выбранный арматурный стержень через димагнитную пластину (t=10 мм) датчик-преобразователь (ось стержня необходимо совместить с рисками на датчике) и записать показание стрелочного прибора в таблицу № 1.
6. Взять вторую пластину и измерить штангенциркулем общую толщину двух димагнитных прокладок. Записать показания прибора (по верхней шкале в mA) в таблицу № 1.
7. Измерить штангенциркулем общую толщину (в мм) трех димагнитных прокладок, снять показания прибора по верхней шкале (mA), занести в журнал испытаний.
8. Димагнитные прокладки набирать общей толщиной до 50-60 мм.
9. Взять арматуру следующего диаметра и повторить пункты 1-8.
10. Построить тарировочные графики отдельно для каждого арматурного стержня.

Примечание: для выполнения работы выбрать 4 стержня класса А-I и А-III разного диаметра

Табл 1

Журнал испытаний для стержня d=6 мм (пример)

Диаметр стержня	Показания прибора при толщине(t=) димагнитных прокладок						
	5	10	20	30	40	50	60
	Результаты измерений (mA)						
6мм	4,2	9,0	16,3	24,5	32,4	40,1	
8мм							
12мм							
18мм							

Примечание: диаметры и толщина димагнитных прокладок 5, 10, ,50 и показания прибора (mA) в журнале испытаний приведены ориентировочно.

Тарировочный график строится в приемлемом масштабе по полученным данным - **показания прибора (результаты измерений) -защитный слой (толщина димагнитных прокладок).**

РАБОТА №5.2 Контроль расположения арматуры в конструкциях и определения величины защитного слоя.

Цель работы: Для железобетонной плиты выполнить эскиз армирования с проставлением: размеров, расстояний между стержнями и величины защитного слоя.

Порядок выполнения работы:

Для обнаружения арматурных стержней в железобетонных конструкциях применяют следующую методику:

1. датчик-преобразователь прибора ИЗС-10Н устанавливают на ровную поверхность балки и перемещают по ней по длине и по ширине плиты.

2. При появлении в зоне преобразователя арматурного стержня **стрелка прибора смещается в сторону уменьшения**, относительно установленного, согласно инструкции, отсчёта “60” по верхней шкале (на любом положении указателя диаметров).
3. Датчик прибора перемещают и поворачивают вокруг своей оси до тех пор, пока не установится минимальный отсчёт по шкале прибора, что указывает на совмещение оси стержня и датчика.
4. При известном проектном армировании конструкции классом арматуры А-III, или А-I: - переключатель диаметров прибора устанавливают на проектный диаметр. По шкале прибора снимают показания и по тарировочной кривой определяют действительное значение величины защитного слоя.
5. Отметить карандашом (мелом) на железобетонном изделии расположение оси стержня, выполнить замеры расстояний от граней изделия до этих линий (защитного слоя).
6. Нарисовать эскиз арматурного изделия в продольном направлении и в поперечном сечении балки, с проставлением размеров между хомутами (поперечными стержнями). Показать на эскизах величины измеренного защитного слоя (в мм).

РАБОТА № 5.3 Определение диаметра арматуры в конструкции.

Цель работы: Для железобетонной балки или плиты определить диаметры арматурных стержней.

Порядок выполнения работы:

1. Для приближенного определения диаметра арматурного стержня определяют с помощью датчика по минимальному показанию прибора место расположения стержневой арматуры и фиксируют (мелом) месторасположение её на поверхности железобетонной конструкции.
2. Переключателем на приборе установить предполагаемый диаметр, установить стрелку прибора на 60 (делений по верхней шкале).
3. Установить преобразователь по оси зафиксированного стержня и снять показания прибора без димагнитной прокладки
4. Между преобразователем прибора и поверхностью бетона конструкции устанавливают прокладку соответствующей толщины t_e (например $t_e = 10$ мм), вновь проводят измерения. Данные занести в журнал испытаний.
5. Установить переключатель на другой ближайший предполагаемый диаметр, установить стрелку прибора на 60 делений. Снять показания по шкале прибора с прокладкой и без.
6. Для каждого диаметра арматуры вычислить разность показаний прибора (мА) с прокладкой и без. Наименьший полученный результат разности показывает на исходный диаметр арматуры, расположенной в данном месте бетона). Расчёты нагляднее выполнять в табличной форме (табл 2).

Табл 5.3.1

Журнал испытаний (пример)

Обозначения	Значения измерений при диаметрах стержней				
	8	10	12	14	16
Результаты измерений					
I (без прокладки)			21,5	22,8	22,6
I_{pr} (с прокладкой)			30,3	31,5	32,5
Результаты вычисления					
$\Delta = I - I_{pr}$			8,8	8,7	9,9

В качестве фактического диаметра принимают значение, для которого выполняется требование $\Delta = I - I_{pr} = 10$ мм (толщина электрической пластинки).

ВЫВОД: минимальная по абсолютной величине разность опытных значений соответствует диаметру стержней 16 мм, что соответствует проектному.

Работа 6

РАБОТА №6 Определение прочности бетона в конструкциях неразрушающими методами

Цель работы:

Ознакомиться с методикой определения прочности бетона в конструкциях **эталонным молотком** Кашкарова К.П.

Общие сведения:

Методика определения прочности бетона конструкции предусматривает простукивание конструкций молотком Кашкарова, занесение полученных данных в таблицу обработки данных № 1.

Для испытания применяют специальный молоток с шариком диаметром 15.88 мм и вставленным в прорезь эталонным стержнем заостренным с одной стороны из прутковой стали класса А-1 диаметром 10мм $\sigma_b = 420-460$ Мпа.

Порядок выполнения работы:

Работа выполняется в следующей последовательности:

1- Установить молоток Кашкарова шариком на бумагу с копиркой на выбранное место конструкции и нанести удар слесарным молотком по головке молотка Кашкарова. (расстояние от точек до ребра изделия должно быть не менее 30-35 мм, чтобы не было скола угла изделия). В результате удара образуется лунка на поверхности бетона изделия $-d_6$ и на эталонном стержне $-d_3$.

2 Измерить штангенциркулем или с помощью углового масштаба диаметры полученных отпечатков на бумаге с копиркой $-d_6$ (на бетоне)

3. Измерить штангенциркулем или с помощью углового масштаба больший диаметр полученного отпечатка (эллипса) на эталонном стержне. $-d_3$ (измеряют с точностью до 0.1 мм. Вычислить отношение d_6 / d_3

4. Передвинуть после удара эталонный стержень на 15 мм в стакане молотка Кашкарова и выполнить удар на следующем выбранном месте бетона (предварительно установив бумагу с копиркой). Передвигать стержень следует после каждого удара. Следует произвести не менее 10 ударов.

Измеренные данные полученных диаметров $-d_6$ и d_3 занести в журнал испытаний таблицу № 1. (10 измерений)

По таблице (приложение 1) определить кубиковую прочность $R_{сж}$, вычислить призмическую прочность R_b , прочность на осевое растяжение R_{bt} , модуль упругости E_b .

Журнал испытания конструкции (пример).

Табл № 6.1

№ удара	Размеры балки см	Масса Кг	Плотность Кг/м ³	Измеренные отпечатки		H= d ₆ / d ₃	Средн H _{ср} d ₆ / d ₃	Кубиковая прочность R _{сж} МПа	R _{bt} МПа	Модуль упругости E ₆ (МПа)
				На бетоне d ₆	На эталонном стержне d ₃					
1	850x120x180	44,0	2345	5,2	2,9	1,79	1,65	22,9	3,93	
2				6,0	3,5	1,71				
3				4,8	3,7	1,29				
4				6,2	3,4	1,82				
5				5,3	3,9	1,35				
6				5,0	3,2	1,56				

Кубиковую прочность «R_{сж}» бетонного образца или конструкции определяют по расчетному среднему значению отношения **d₆/d₃**, пользуясь графиком тарировочной зависимости **R=f(d₆/d₃)** или по таблице унифицированной зависимости.

Оценка полученных данных.

При определении прочности бетона (бетонной или железобетонной конструкции) получается большой разброс значений «R_{сж}», поэтому требуется корректировка количества производимых ударов (определений) по формуле:

$$n \leq 400k^2 [R_{\max} - R_{\min}]^2 / R_{\text{ср}}^2$$

При 10 произведённых ударах левая часть равна **10**, тогда по таблице № 2 при n=10 **k=0.325**

R_{ср}, **R_{max}** и **R_{min}** кубиковая прочность бетона в зависимости от среднего, минимального и максимального отношения **d₆/d₃**, определяется по тарировочной зависимости **R=f(d₆/d₃)** или по таблице.

И, если правая часть получилась больше 10, то требуется дополнительное простукивание молотком Кашкарова данного образца бетона, и уточнение тарировочной зависимости, отбрасывая максимальное и минимальное значение.

Табл № 2

n	k	n	k	n	k	n	k	N	k
5	0.43	9	0.34	13	0.296	17	0.273	25	0.25
6	0.39	10	0.325	14	0.289	18	0.269	30	0.243
7	0.37	11	0.314	15	0.284	19	0.266		
8	0.35	12	0.305	16	0.278	20	0.262		

Призменная прочность бетона принимается равной

$$R_b = (0.7-0.75) R_{\text{сж}}$$

Временное сопротивление бетона осевому растяжению определяют по эмпирической формуле

$$R_{bt} = 0.5 \cdot 3 \sqrt{R_{\text{сж}}}^2$$

Начальный модуль упругости

$$E=550000 \cdot R_{сж} / [27,0+R_{сж}]$$

Полученные расчётные данные записать в таблицу № 1.

Вопросы:

1. Из какой стали выполняют и для чего нужен эталонный стержень.
2. Как получить отпечаток на бетоне. Какие результаты следует отбросить.
3. Зачем передвигать эталонный стержень после удара.
4. Показать вид универсальной зависимости для молотка Кашкарова.
5. Как определить R_{max} ; $R_{мин}$; $R_{ср}$.

Работа 7

РАБОТА №7 Ознакомление с методикой определения прочности бетона в конструкциях прибором УК-14П.

Общие сведения:

Прочность бетона определяют по предварительно установленной тарировочной зависимости $R=f(V)$ (полученной на основе корреляционной связи между акустическими и механическими характеристиками бетона). Использование такой зависимости регламентировано ГОСТ 17624 —87 “Бетоны тяжелые и легкие. Ультразвуковой метод определения прочности”.

Для проведения испытания по определению прочности бетона в конструкциях известного состава намечают и подготавливают места для установки ультразвуковых преобразователей прибора УК-14П. Испытания проводят методом сквозного прозвучивания (размещают датчики соосно с противоположных сторон изделия) или поверхностного профилирования (датчики располагаются с одной стороны), используя коэффициент перехода $K_{п}$. При испытании балок, ригелей, колонн прозвучивание проводят в поперечном направлении, а ребристых плит по толщине ребра.

Порядок определения прочности бетона прибором УК-14П:

1. Установить датчики “соосно” с противоположных сторон балки, снять по прибору УК-14П значение времени прохождения ультразвуковых волн через бетон при сквозном прозвучивании. Прозвучивание выполнить по длине балки не менее чем в 10 точках.
2. Замерить базу (расстояние между центрами датчиков).
3. Вычислить скорость прохождения ультразвука в местах установки датчиков по формуле
4.
$$V = \frac{l}{t - \Delta t}$$
,
где l — база прозвучивания (расстояние между осями датчиков)
 t — время прохождения ультразвука через материал (бетон, кирпич, дерево).
 $\Delta t=0.6$ — поправка в определении времени за счет прохождения сигнала через элементы преобразователей и кабели (определяется при проверке прибора).
5. Вычислить среднюю скорость для 10 измерений.
6. По приложению 2 “унифицированной зависимости прочности бетона $R=f(V)$ ” по вычисленной средней скорости прохождения ультразвука определить численное значение прочности $R_{сж}$.
7. Результаты испытаний занести в таблицу 2.
8. По таблице унифицированной зависимости определить кубиковую прочность $R_{сж}$, призмную прочность R_b , прочность на осевое растяжение R_{bt} .

Для неизвестного состава бетона производят корректировку тарировочной зависимости поправочным коэффициентом K_6 путём испытаний кернов отобранных из тела бетона (предварительно прозвучив их прибором УК-14П).

Табл №7.2

Журнал испытаний конструкции.

Номер измерения	База прозвучивания, мм	Время, мкс	Скорость УЗК км/с	Скорость средняя ультразвука, км/с	Прочность при сжатии $R_{сж}$ кг/см ² (МПа)	$R_b = 0.74 R_{сж}$ МПа	$R_{bt} = 0.5 \cdot \sqrt{R_{сж}^2}$ МПа
1	170	40,1	4,239	4,29	29,8,0	22,05	4.8
2	170	42,9	3,963				
3	170	38,5	4,412				
4	250	57,3	4,363				
5	250	56,1	4,456				
6	250	57,9	4,317				

Вопросы:

1. Как определить время ультразвуковых колебаний.
 2. Как определить скорость ультразвуковых колебаний.
 3. Что понимается под базой прозвучивания.
- Как определить $R_{сж}$ для балок, плит, колонн.

Работа 8

РАБОТА №8 Определение прочности сцепления кирпичной кладки в лабораторных условиях.

Предельная прочность сцепления должна приниматься равной прочности сцепления раствора с кирпичом или камнем, достигаемой в кладке в возрасте 28 сут и при контрольном испытании — 3 мес.

Для испытания кладки на сцепление применяют следующее оборудование.

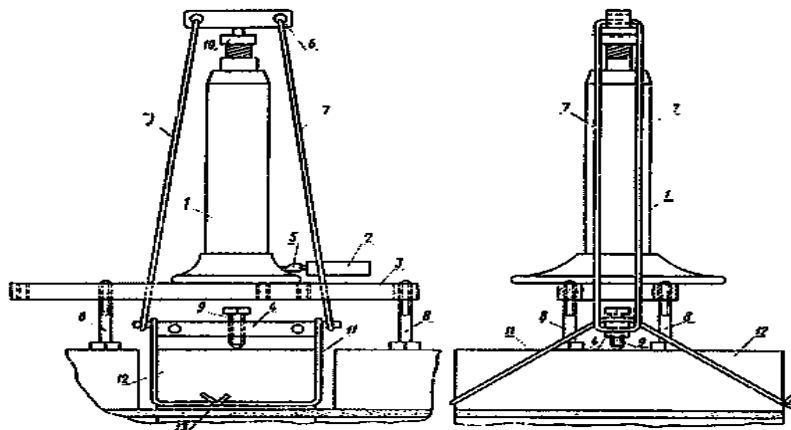
Установка, указанная на рис. 11.1.

Тросовый захват диаметром 3 мм, длиной 370—400 мм для испытания кладки из кирпича; Гаечный ключ 10×12 мм, молоток, топорик, напильник.

. Проведение испытания

Устройство для испытания каменной (кирпичной) кладки на сцепление

Вид А



1 — гидравлический домкрат; 2 — манометр; 3 — рама; 4 — переключатель; 5 — переходник; 6 — траверса; 7 — тяги; 8 — стойки; 9 — регулировочный болт; 10 — шарнир; 11 — тросовый захват; 12 — испытуемый кирпич; 13 — узел троса.

Черт. 1

Испытываемый кирпич 12 охватывают петлей из тросика 11 по боковым граням, затем петлю подтягивают переключателем 4 при помощи регулировочного болта 9. Схема захвата кирпича и камня, подготовленного к испытанию, показана на черт. 6 и 7.

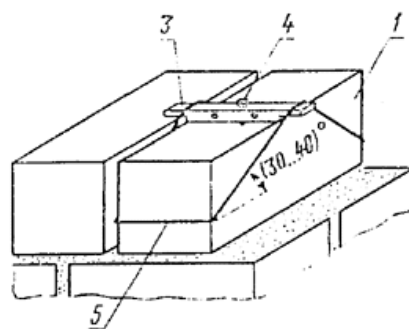
Раму 3 устанавливают так, чтобы ее стойки 8 опирались на соседние кирпичи (камни). На раму устанавливают гидравлический домкрат 1 с манометром 2. На подвижную часть домкрата при помощи шарнира 10 монтируют траверсу 6 с тягами 7, которые зацепляют за концы переключателя.

Схема испытания каменной кладки на сцепление

Растягивающее усилие от домкрата передают на кирпич через траверсу, тяги и тросик.

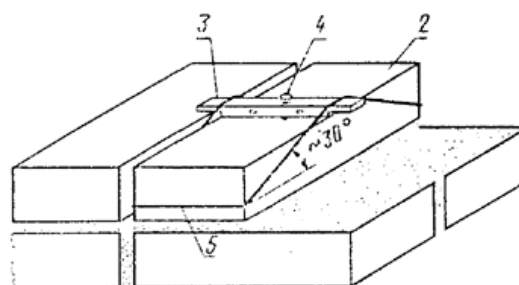
. При испытании нагрузка должна возрастать непрерывно с постоянной скоростью 0,006 МПа/с (0,06 кгс/см² в секунду). За величину предельной нагрузки принимают максимальное усилие, достигнутое к моменту отрыва кирпича (камня).

. При испытаниях следует фиксировать характер разрушения кладки (по поверхности контакта кирпича (камня) и раствора, по кирпичу (камню) или по раствору) и определить общую площадь контакта кирпича (камня) с раствором с погрешностью до 1 см².



Черт. 6

Схема захвата кирпича, подготовленного к испытанию из кладки стен.



1 — камень; 2 — кирпич; 3 — перекладина; 4 — регулировочный болт; 5 — тросовый захват.

Черт. 7

. Прочность сцепления в каменной кладке оценивают пределом прочности элементов кладки при осевом растяжении.

Предел прочности при осевом растяжении вычисляют с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) как среднее арифметическое значение результатов 5 испытаний.

Результаты испытаний заносят в журнал по форме, приведенной в рекомендуемом положении 3.

. Обработка результатов

. Предел прочности сцепления при осевом растяжении P_t'' вычисляют по формуле

$$P_t'' = \frac{F}{A},$$

где P_t'' — предел прочности сцепления при осевом растяжении элемента кладки в возрасте t сут;

F — величина отрывающей нагрузки на образец;

A — общая площадь отрыва (брутто).

. Определение предельной прочности сцепления кладки, испытанной в ранние сроки, P_{28}'' производят по формуле

$$P_{28}'' = K_t P_t'',$$

где P_{28}'' — предельная прочность сцепления раствора с кирпичом или камнем, достигаемая в кладке к возрасту 28 сут;

K_t — поправочный коэффициент.

. Поправочный коэффициент, учитывающий возраст кладки, принимают по табл. 1.

Таблица 8.1

Возраст кладки, сут	Величина поправочного коэффициента
7	1,6
14	1,3
28	1,0

2.7.4. Средняя предельная прочность сцепления в кладке стен, определяемая как среднеарифметическая по результатам всех испытаний в здании, должна составлять не менее 90% прочности, требуемой по проекту.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Степени повреждений, категории технического состояния
и характеризующие их признаки для бетонных конструкций

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
I - незначительная	0 - 5	Видимые повреждения и дефекты, свидетельствующие о снижении несущей способности и эксплуатационной пригодности, отсутствуют	Исправное - отсутствуют видимые дефекты и повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкции; необходимости в ремонтно-восстановительных работах на момент обследования нет
II - слабая	5 - 15	Состояние поверхности бетона конструкции незначительно отличается от неповрежденных конструкций. Защитный слой бетона откалывается с трудом по углам на глубину до 10 мм; при оценке прочности бетона зубилом остается неглубокий след, звук звонкий, при царапании остаются малозаметные штрихи. При температурном воздействии изменение цвета бетона незначительно. Температурно-усадочные трещины на поверхности бетона отсутствуют	Работоспособное - имеющиеся дефекты и повреждения не снижают несущую способность и эксплуатационную пригодность конструкции; защитные свойства бетона по отношению к арматуре на отдельных участках исчерпаны; требуется их восстановление, устройство и восстановление гидроизоляции и антикоррозионной защиты
III - средняя	15 - 25	Поверхность бетона конструкции покрыта сеткой неглубоких температурно-усадочных трещин, защитный слой бетона при простукивании бетона молотком откалывается только по углам на глубину до 20 мм. При определении прочности бетона зубилом остается незаметный след на поверхности бетона. При температурном воздействии цвет бетона изменяется незначительно (до розового оттенка). Прогиб статически определимой конструкции не превышает предельно допустимого	Ограниченно работоспособное - существуют повреждения, свидетельствующие о снижении несущей способности и эксплуатационной пригодности конструкции, но на момент обследования не угрожающих безопасности работающих и обрушению; требуется усиление
IV - сильная	25 - 50	На поверхности бетона имеются глубокие трещины с шириной раскры-	Недопустимое - существуют повреждения, сви-

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
		<p>тия до 1 мм. Защитный слой бетона при легком простукивании молотком отслаивается на глубину более 30 мм.</p> <p>При определении прочности бетона зубило легко вбивается в бетон на глубину до 10 мм.</p> <p>При ударе звук бетона глухой. При температурном воздействии цвет бетона сильно изменяется (до белого).</p> <p>Прогиб статически определяемой конструкции превышает предельно допустимый в 2 - 4 раза</p>	<p>детельствующие об опасности пребывания людей в районе обследуемых конструкций;</p> <p>требуются немедленные страховочные мероприятия: ограничение нагрузок (недопущение складирования материалов, деталей и др., ограничение грузоподъемности кранов и их сближения); устройство предохранительных сеток и др.</p>
V - полное разрушение	Свыше 50 или при полной потере несущей способности конструкции	<p>В конструкции имеются трещины с шириной раскрытия 1,5 мм, трещины в сжатой зоне (раздавливание бетона), трещины в опорных узлах (нарушающие анкеровку рабочей арматуры).</p> <p>Остаточные прогибы конструкции в 5 - 10 раз превышают предельно допустимые.</p> <p>При простукивании бетона звук глухой, зубило легко вбивается на глубину более 30 мм</p>	<p>Аварийное - существующие повреждения, свидетельствующие о возможности обрушения конструкций, требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для каменных и армокаменных конструкций

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
I - незначительная	0 - 5	Видимые повреждения и дефекты, влияющие на несущую способность и эксплуатационную пригодность отсутствуют	<p>Исправное - конструкции отвечают предъявленным к ним эксплуатационным требованиям. Ремонтных работ не требуется.</p> <p>Состояние конструкции удовлетворительное</p>
II - слабая	5 - 15	Размораживание и выветривание кладки, отслоение облицовки на глубину до 15 % толщины.	<p>Работоспособное - имеющиеся дефекты и повреждения не препят-</p>

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
		<p>Огневое повреждение кладки стен и столбов при пожаре на глубину не более 0,5 см (без учета штукатурки). Вертикальные и косые трещины (независимо от длины и величины раскрытия), пересекающие не более двух рядов кладки</p>	<p>ствуют нормальной эксплуатации зданий и сооружений. Требуется текущий ремонт по восстановлению эксплуатационных характеристик конструкций</p>
III - средняя	15 - 25	<p>Размораживание и выветривание кладки, отслоение облицовки на глубину до 25 % толщины. Вертикальные и косые трещины в несущих стенах и столбах на высоту не более четырех рядов кладки. Наклоны и выпучивания стен и фундаментов в пределах этажа не более чем на 1/6 их толщины. Образование вертикальных трещин между продольными и поперечными стенами: разрывы или выдергивания отдельных стальных связей и анкеров крепления стен к колоннам и перекрытиям. Местное (краевое) повреждение кладки на глубину до 2 см под опорами ферм, балок, прогонов и перемычек в виде трещин и лещадок; вертикальные трещины по краям опор, пересекающие не более двух рядов кладки. Смещение плит перекрытий на опорах не более 1/5 глубины заделки, но не более 2 см. Огневое повреждение при пожаре кладки армированных и неармированных стен и столбов на глубину до 2 см (без штукатурки)</p>	<p>Ограниченно работоспособное - в конструкции наблюдаются деформации и дефекты, свидетельствующие о снижении ее несущей способности, но не влекущие за собой обрушения. Состояние конструкций технически неисправно. Конструкции подлежат ремонту и усилению с проведением, при необходимости, страховочных мероприятий по их разгрузке и недопущению дальнейшего развития повреждений</p>
IV - сильная	25 - 50	<p>Большие обвалы в стенах. Размораживание и выветривание кладки на глубину до 40 % толщины. Вертикальные и косые трещины (исключая температурные и осадочные) в несущих стенах и столбах на высоту не более восьми рядов кладки. Наклоны и выпучивания стен в пределах этажа на 1/3 их толщины и более. Смещение (сдвиг) стен, столбов и фундаментов по горизонтальным швам или косой штрабе</p>	<p>Недопустимое - в конструкциях наблюдаются деформации и дефекты, свидетельствующие о потере ими несущей способности. Состояние конструкций аварийное. Возникает угроза обрушения. Необходимо запрещение эксплуатации аварийных</p>

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
		Отрыв продольных стен от поперечных в местах их пересечения, разрывы или выдергивания стальных связей и анкеров, крепящих стены к колоннам и перекрытиям. Повреждение кладки под опорами ферм, балок и перемычек в виде трещин, раздробления камня или смещение рядов кладки по горизонтальным швам на глубину более 2 см, образование вертикальных или косых трещин, пересекающих до четырех рядов кладки. Смещение плит перекрытий на опорах более 1/5 глубины заделки в стене. Огневое повреждение кладки стен и столбов при пожаре достигает 5 - 6 см	конструкций, прекращение технологического процесса и немедленное удаление людей из опасных зон. Необходимо усиление конструкций и проведение ремонтных работ. При невозможности или нецелесообразности усиления следует произвести разборку конструкций
V - полное разрушение	Свыше 50 или при полной потере несущей способности конструкции	Разрушение отдельных конструкций и частей здания. Размораживание и выветривание кладки на глубину 50 % толщины стены и более	Аварийное - конструкции подлежат разборке. Необходимо ограждение опасных зон

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для стальных конструкций

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
I - незначительная	0 - 5	Видимые повреждения конструктивных элементов, антикоррозионные, лакокрасочные и огнезащитные покрытия отсутствуют. Прогибы не превышают предельно допустимых значений	Исправное - необходимость в проведении ремонтно-восстановительных работ отсутствует
II - слабая	5 - 15	Небольшие вмятины второстепенных и несильно нагруженных элементов. Местные искривления, не снижающие несущей способности.	Работоспособное - конструкции используются без ограничений. Необходимы правка стержней и восстановление защит-

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
		Прогибы не превышают предельно допустимых значений. Потеря площади рабочего сечения не превышает 5 %	ных покрытий
III - средняя	15 - 25	Повреждения снижают несущую способность, но не сопровождаются потерей несущей способности основных элементов (разрыв второстепенных элементов по всему сечению или их искривление на большой длине, местные искривления основных элементов и т.д.). Прогибы не превышают предельно допустимых значений	Ограниченно работоспособное - необходимо подведение дополнительных стоек, распорок, упоров и т.п. Необходим ремонт по месту без демонтажа конструктивных элементов. Необходимо разгрузка элементов до окончания ремонта
IV - сильная	25 - 50	Полная потеря несущей способности при эксплуатационных нагрузках. Разрушение узлов и соединений. Разрывы по всему сечению или искривления на большой длине основных элементов. Прогибы превышают предельно допустимые значения. Существует опасность для людей и сохранности оборудования	Недопустимое - необходимо прекращение эксплуатации. Подведение временных опор и креплений. Необходимы демонтаж и ремонт конструкций или их замена
V - полное разрушение	Более 50 %	Полная потеря несущей способности, существует опасность обрушения конструкций и частей здания	Аварийное - немедленное прекращение эксплуатации. Ограждение опасных зон, разгрузка конструкций и их разборка с проведением страховочных мероприятий

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Степени повреждений, категории технического состояния и характеризующие их признаки для деревянных конструкций

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
I - незначительная	0 - 5	Видимые повреждения и деформации отсутствуют. Следов биоповреждений нет	Исправное - ремонта и усиления не требуется
II - слабая	5 - 15	Деформации стыковочных соедине-	Работоспособное - не-

Степень повреждения	Снижение несущей способности, %	Характерные признаки повреждения	Категория технического состояния конструкций
		ний и прогибы не превышают допустимых. Имеются следы биоповреждений ненагруженных и слабонагруженных элементов конструкций	обходимы очистка поверхностей от признаков биоповреждений, дополнительная пропитка антисептиками и восстановление температурно-влажностного режима и несущей способности
III - средняя	15 - 25	Деформации стыковочных соединений и прогибы достигли предельных значений. Имеются признаки биоповреждений по площади несущих конструкций до 15 %	Ограниченно работоспособное - необходимы разгрузка с подведением дополнительных опор, вырезка пораженных элементов и замена их. Восстановление тепло-влажностного режима
IV - сильная	25 - 50	Деформации стыковочных соединений и прогибы значительно превышают предельно допустимые значения. Признаки биоповреждений на площади более 15 %	Недопустимое - требуются приостановка эксплуатации, разгрузка и проведение страховочных мероприятий. Необходимы разборка и замена поврежденных элементов
V - полное разрушение	Более 50 %	Деформации стыковочных соединений и прогибы значительно превышают предельно допустимые. Признаки биоповреждений на площади более 30 %. Имеются смещения конструкций с опор, разрывы элементов, выход из плоскости	Аварийное - немедленная разгрузка, ограждение опасных зон, устройство временных креплений. Полная разборка конструкций

Литература:

- ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния
СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений.
- Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ». М.: 2004 г.
- «Обследование и испытания сооружений» Лужин О. В. М., Учебник для вузов М Стройиздат 1985.

4. «Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений» Калинин В.М. М., 2005.
6. Обследование, расчет и усиление зданий и сооружений. Учебное пособие/Издательство Ассоциации строительных вузов. Москва; 2004, 160 с.
7. И.С. Гучкин Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций. М., 2001. издательство АСВ
8. Правила оценки физического износа жилых зданий. ВСН 53-86(р) М., Гражданстрой, 1988.

Учебное издание

КОЧНЕВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ

ЧУМАК. МАКСИМ ВИКТОРОВИЧ.

Обследование, испытание и усиление строительных конструкций зданий и сооружений

для студентов, по специальности «Промышленное и гражданское строительство» очной и заочной формы обучения)

Учебное пособие

Подписано в печать _____

Формат 60 x 84 1 / 8

Усл. Печ. Л.

Тираж 150 экз. Заказ № _____

Редакционный отдел и типография Кубанского Государственного Аграрного университета

350044. г. Краснодар, ул. Калинина, 13